

Agilent 34405A

5 ½ 디지털 멀티미터

사용 및 서비스 설명서



Agilent Technologies

법적 고지

© Agilent Technologies, Inc. 2006

본 매뉴얼의 어느 부분도 미국 및 국제 저작권법에 따라 애질런트 테크놀로지스의 사전 서면 동의 없이는 어떠한 형식 어떠한 수단(전자 문서 저장 및 검색 또는 외국어 번역 포함)으로도 복제할 수 없습니다.

매뉴얼 부품 번호

34405-90406

편집

제2판 2006년 6월

말레이시아에서 인쇄

Agilent Technologies, Inc.
3501 Stevens Creek Blvd.
Santa Clara, CA 95052 USA

소프트웨어 개정 판

본 설명서는 제조 시 계측기에 설치된 평웨어입니다. 하지만 평웨어를 업그레이드하여 제품 기능을 추가하거나 변경할 수 있습니다. 최신 평웨어 및 설명서는 다음 웹 사이트의 해당 제품 페이지에서 확인하십시오.

www.agilent.com/find/34405A

품질 보증

본 문서에 들어있는 자료는 현 상태 그대로 제공되며 이후 버전에서는 사전 통보 없이 변경될 수도 있습니다. 그리고 애질런트는 해당 법률이 허용하는 범위 내에서 상품성이나 특정 목적 적합성에 관한 암시적 보증을 포함하여 본 매뉴얼 및 그 안의 내용에 대해서는 명시적이든 묵시적이든 품질보증을 모두 부인합니다. 본 문서나 안에 들어있는 정보의 제공, 사용 또는 수행에 연관되어 발생한 오류 또는 우발적이거나 파생적인 손해에 대해서 애질런트는 아무런 책임을 지지 않습니다. 애질런트와 사용자가 본 문서 내용에 관한 별도의 품질보증 조건에 합의 했으나 본 조항과 상충하는 경우 별도 합의한 품질보증 조항이 우선합니다.

기술 라이센스

본 문서에서 설명하는 하드웨어 및/또는 소프트웨어는 라이센스와 함께 제공되며 해당 라이센스의 조건에 의거해서만 사용하거나 복사할 수 있습니다.

제한적 권리 설명문

미국 정부의 제한적 권리. 연방 정부에 부여된 소프트웨어 및 기술 데이터 권리에는 관례상 최종 사용자 고객에게 제공된 권리만 포함됩니다. 애질런트는 FAR 12.211(기술 데이터) 및 12.212(컴퓨터 소프트웨어) 그리고 국방부의 경우에는 DFARS 252.227-7015(기술 데이터 - 상품) 및 DFARS 227.7202-3(상용 컴퓨터 소프트웨어나 컴퓨터 소프트웨어 설명서에 대한 권리)에 준거하여 소프트웨어 및 기술 데이터의 관례적 상업 라이센스를 제공합니다.

안전에 관한 고지 사항

주의

주의 고지는 위험을 나타냅니다. 올바로 이행하거나 고수하지 않을 경우 제품이 손상되거나 중요한 데이터가 손실될 우려가 있는 운영 절차나 작동 등에 주의를 요합니다. 내용을 완전히 이해하여 문제를 해결하기 전에는 주의 고지 이후 내용으로 넘어가지 마십시오.

경고

경고 고지는 위험을 나타냅니다. 올바로 이행하거나 고수하지 않을 경우 상해나 사망을 초래할 우려가 있는 운영 절차나 작동 등에 주의를 요합니다. 내용을 완전히 이해하여 문제를 해결하기 전에는 경고 고지 이후 내용으로 넘어가지 마십시오.

안전 정보

전원선 안전 접지 기능을 해제하지 않습니다. 접지된 콘센트에 연결합니다.

제조업체가 명시하지 않은 방식으로 제품을 사용하지 않습니다.

대체 부품을 설치하거나 제품을 무단으로 변경하지 않습니다. 제품을 애질런트 테크놀로지스 또는 지정된 수리 센터로 반환하여 제품 안전 관리 서비스를 받으십시오.

안전 기호



접지



섀시 접지



감전 위험



추가 안전 정보는 매뉴얼을 참조하십시오.

CAT II (300V) IEC Measurement Category II.

Category II 과전압 조건에 따라 입력을 주전원(최대 300VAC)에 연결할 수 있습니다.

경고

주전원 및 테스트 입력 분리: 서비스 지원 이전에 콘센트에서 제품을 분리하고, 전원선을 빼고 모든 터미널에서 프로브를 전부 제거합니다. 서비스 교육을 받은 사람만 기기에서 덮개를 제거해야 합니다.

경고

보호 한계: 기기 손상 및 감전 위험을 피하려면 다음 단원에서 설명하는 보호 한계를 넘지 않습니다.

경고

라인 및 전류 보호 퓨즈: 화재로부터 보호하려면 라인 퓨즈 및 전류 보호 퓨즈를 특정 유형 및 정격의 퓨즈로만 교체합니다.

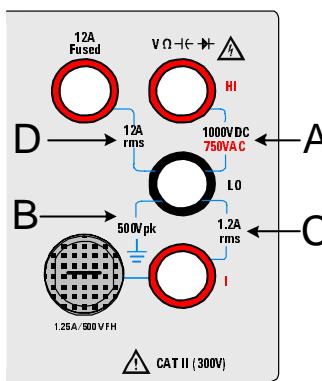
경고

IEC Measurement Category II, IEC

Category II 과전압 조건에 따라 최대 **300VAC**의 라인 전압에 대해 **HI** 및 **LO** 입력 터미널을 주전원에 연결할 수 있습니다. 감전 위험을 피하려면 **300VAC** 이상의 라인 전압 측정의 경우에는 입력 터미널을 주전원에 연결하지 않습니다. 자세한 내용은 다음 페이지에 있는 "**IEC 측정 Category II** 과전압 보호"를 참조하십시오.

보호 한계

Agilent 34405A 디지털 멀티미터에는 보호 회로가 있어서 보호 한계를 넘지 않는 한 기기 손상을 방지하고 감전 위험으로부터 보호합니다. 기기를 안전하게 작동하려면 전면 패널과 후면 패널에 있는 그리고 아래서 설명하는 보호 한계를 넘지 않습니다.



참고: 전면 패널 터미널은 위와 같습니다.
후면 패널 터미널도 동일합니다.

Front/Rear 스위치로 사용할 터미널 세트를 선택합니다. 전면 또는 후면 터미널에 신호가 있는 중에는 이 스위치를 누르지 않습니다. 전류 보호 퓨즈는 후면 패널에 있습니다.

입력 터미널 보호 한계

입력 터미널의 경우 보호 한계가 정해져 있습니다.

주 입력(HI 및 LO) 터미널. HI 및 LO 입력 터미널은 전압, 저항, 캐파시턴스 및 다이오드 테스트 측정에 사용합니다. 이러한 터미널에 대해 두 보호 한계가 정해져 있습니다.

HI에서 LO로의 보호 한계. HI에서 LO로의 보호 한계(왼쪽 그림에서 "A")는 1000VDC 또는 750VAC인데, 이는 최고 전압 측정 값이기도 합니다. 이 한계는 1000Vpk(최대값)로 표현할 수도 있습니다.

LO에서 점지로의 보호 한계. LO 입력 터미널은 점지에 대해 최대값인 500Vpk를 안전하게 "통과시킬 수" 있습니다.

이는 그림에서 보호 한계 "B"입니다.

그림에는 없지만 HI 터미널의 보호 한계 최대값은 점지에 대해 1000Vpk입니다. 따라서 플로트 전압과 측정 전압의 합은 1000Vpk를 넘을 수 없습니다.

전류 입력 터미널. 전류 입력("I") 터미널의 보호 한계는 LO 입력 터미널에서 흘러오는 최대 전류 1.2A(rms)입니다. 이는 그림에서 보호 한계 "C"입니다. 전류 입력 터미널의 전압은 LO 터미널과 거의 동일합니다.

참고: 전면 패널에 있는 퓨즈는 전류 보호 회로에 포함됩니다. 보호를 유지하려면 이 퓨즈를 특정 유형 및 정격의 퓨즈로만 교체합니다.

12A 전류 입력 터미널. 12A 전류 입력 터미널의 보호 한계는 LO 입력 터미널에서 흘러오는 최대 전류 12A(rms)입니다. 이는 그림에서 보호 한계 "D"입니다. 전류 입력 터미널의 전압은 LO 터미널과 거의 동일합니다.

참고: 전류 보호 회로에는 내부 퓨즈가 들어 있습니다. 보호를 유지하려면 서비스 교육을 받은 직원이 이 퓨즈를 특정 유형 및 정격의 퓨즈로만 교체해야 합니다.

IEC 측정 Category II 과전압 보호

감전 위험으로부터 보호하기 위해 Agilent 34405A 디지털 멀티미터에는 다음 두 조건을 모두 만족시키는 라인 전압 주 연결용 과전압 보호 기능이 있습니다.

HI 및 LO 입력 터미널이 아래서 설명하는 측정 Category II 조건에 따라 주 전원에 연결되어 있음. 그리고

주 전원의 최대 라인 전압이 300VAC로 제한됨.

IEC 측정 Category II에는 분기 회로 콘센트를 통해 주 전원에 연결되는 전기 장치가 포함됩니다. 그러한 전기 장치에는 소형 가전, 테스트 장비 및 기타 분기 회로나 소켓에 플러그를 꼽는 장치들이 대부분 포함됩니다. 34405A는 그러한 장치의 주 전원이나 분기 콘센트 자체(최고 300VAC)에 연결된 HI 및 LO 입력으로 측정하는 데 사용할 수도 있습니다. 하지만 34405A는 주 전원 회로 차단기 패널, 서브 패널 분리 박스 또는 영구 유선 모터와 같은 영구 설치 전기 장치의 주 전원에 연결된 HI 및 LO 입력에서는 사용할 수 없습니다. 그러한 장치나 회로에는 34405A의 보호 한계를 초과하는 과전압이 발생할 우려가 있습니다.

참고: 300VAC가 넘는 전압은 주 전원에서 분리한 회로에서만 측정할 수 있습니다. 하지만 주 전원과 분리한 회로에는 과도 전압도 있습니다. Agilent 34405A는 과도 전압을 안전하게 견딜 수 있도록 제작되었습니다. 이 장비는 과도 전압이 이 수준을 초과할 우려가 있는 회로를 측정하는 데 사용하지 않습니다.

기타 고지사항

본 제품은 WEEE Directive (2002/96/EC) 표시 요구 사항에 부합합니다. 붙어 있는 제품 라벨(아래 그림 참조)은 이 전기/전자 제품을 가정용 쓰레기통에 버려서는 안 된다는 것을 의미합니다.

제품 범주: WEEE 지침 첨부 1에서 말하는 장비 유형에 따라 본 제품은 "모니터링 및 제어 계측기" 제품으로 분류합니다.

가정용 쓰레기통에 버리지 않습니다.

제품을 반품하려면 현지 애질런트 사무소에 문의하고 자세한 사항은 웹 사이트 (www.agilent.com/environment/product)를 참조합니다.



Agilent 34405A에는 아래 서 설명하는 Agilent 34138A 테스트 리드 세트가 함께 제공됩니다.

테스트 리드 정격

테스트 리드 - 1000V, 15A

미세 팁 프로브 부착물 - 300V, 3A

미니 그래버(Grabber) 부착물 - 300V, 3A

SMT 그래버(Grabber) 부착물 - 300V, 3A

작동

미세 팁, 미니 그래버, SMT 그래버 부착물을 테스트 리드 프로브 말단에 연결합니다.

유지보수

테스트 리드 세트에 마모되었거나 손상된 부분이 있으면 사용하지 않습니다.

새 Agilent 34138A 테스트 리드 세트로 교체합니다.

경고

테스트 리드 세트를 애질런트 테크놀로지스가 지정한 방식으로 사용하지 않으면 테스트 리드 세트의 보호 기능이 손상될 우려가 있습니다. 손상되었거나 마모된 테스트 리드 세트도 사용하지 않습니다. 기기 손상이나 신체 상해를 초래할 수 있습니다.



Agilent Technologies

DECLARATION OF CONFORMITY
According to ISO/IEC Guide 22 and CEN/CENELEC EN 45014



Manufacturer's Name: Agilent Technologies Microwave Products (M) Sdn. Bhd
Manufacturer's Address: Bayan Lepas Free Industrial Zone,
11900, Bayan Lepas, Penang, Malaysia

Declares under sole responsibility that the product as originally delivered

Product Name: 5½ Digital Multi-meter
Model Number: 34405A
Product Options: This declaration covers all options of the above product(s)

complies with the essential requirements of the following applicable European Directives, and carries the CE marking accordingly:

Low Voltage Directive (73/23/EEC, amended by 93/68/EEC)
EMC Directive (89/336/EEC, amended by 93/68/EEC)

and conforms with the following product standards:

EMC	Standard	Limit
	IEC 61326-1:1997+A1:1998 / EN 61326-1:1997+A1:1998	Class A Group 1
	CISPR 11:1990 / EN55011:1991	4 kV CD, 8 kV AD
	IEC 61000-4-2:1995+A1:1998 / EN 61000-4-2:1995	3 V/m, 80-1000 MHz
	IEC 61000-4-3:1995 / EN 61000-4-3:1995	0.5 kV signal lines, 1 kV power lines
	IEC 61000-4-4:1995 / EN 61000-4-4:1995	0.5 kV line-line, 1 kV line-ground
	IEC 61000-4-5:1995 / EN 61000-4-5:1995	3 V, 0.15-80 MHz
	IEC 61000-4-6:1996 / EN 61000-4-6:1996	1 cycle / 100%
	IEC 61000-4-11:1994 / EN 61000-4-11:1994	

Canada: ICES-001:1998
Australia/New Zealand: AS/NZS 2064.1

The product was tested in a typical configuration with Agilent Technologies test systems.

Safety IEC 61010-1:2001 / EN 61010-1:2001
Canada: CSA C22.2 No. 61010-1:2004
USA: UL 61010-1: 2004

Supplementary Information:

This DoC applies to above-listed products placed on the EU market after:

March 27, 2006

Date

Gary Gan

Quality Manager

For further information, please contact your local Agilent Technologies sales office, agent or distributor, or Agilent Technologies Deutschland GmbH, Herrenberger Straße 130, D 71034 Böblingen, Germany.

Product Regulations

		Performance Criteria ¹
EMC	IEC 61326-1:1997+A1:1998 / EN 61326-1:1997+A1:1998 CISPR 11:1990 / EN 55011:1991 – Group 1 Class A IEC 61000-4-2:1995+A1:1998 / EN 61000-4-2:1995 (ESD 4kV CD, 8kV AD) IEC 61000-4-3:1995 / EN 61000-4-3:1995 (3V/m, 80% AM) IEC 61000-4-4:1995 / EN 61000-4-4:1995 (EFT 0.5kV line-line, 1kV line-earth) IEC 61000-4-5:1995 / EN 61000-4-5:1995 (Surge 0.5kV line-line, 1kV line-earth) IEC 61000-4-6:1996 / EN 61000-4-6:1996 (3V, 0.15~80 MHz, 80% AM, power line) IEC 61000-4-11:1994 / EN 61000-4-11:1994 (Dips 1 cycle, 100%) Canada: ICES-001:1998 Australia/New Zealand: AS/NZS 2064.1	A A B A A
Safety	IEC 61010-1:2001 / EN 61010-1:2001 Canada: CSA C22.2 No. 61010-1:2004 USA: UL 61010-1: 2004	A

Additional Information:

The product herewith complies with the essential requirements of the Low Voltage Directive 73/23/EEC and the EMC Directive 89/336/EEC (including 93/68/EEC) and carries the CE Marking accordingly (European Union).

¹Performance Criteria:

- A Pass - Normal operation, no effect.
- B Pass - Temporary degradation, self recoverable.
- C Pass - Temporary degradation, operator intervention required.
- D Fail - Not recoverable, component damage.
- N/A – Not applicable.

Notes:

Regulatory Information for Canada

ICES/NMB-001:1998

This ISM device complies with Canadian ICES-001.

Cet appareil ISM est conforme à la norme NMB-001 du Canada.

Regulatory Information for Australia/New Zealand

This ISM device complies with Australian/New Zealand AS/NZS 2064.1



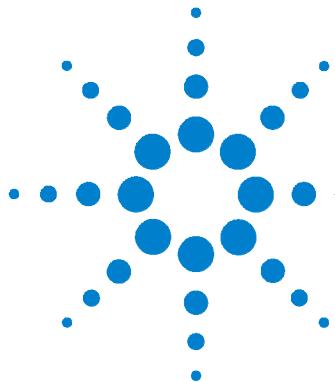
차례

1 시작하기 가습서	13
Agilent 34405A 멀티미터 소개	14
내용물 확인	15
멀티미터 전원 연결	15
손잡이 조절	16
전면 패널 살펴보기	17
디스플레이 살펴보기	18
후면 패널 살펴보기	19
원격 작동	20
USB 인터페이스 구성 및 연결	20
SCPI 명령	20
측정	22
AC 또는 DC 전압 측정	22
저항 측정	23
최고 1.2A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류 측정	23
최고 12A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류 측정	24
주파수 측정	24
연속성 테스트	25
다이오드 점검	25
캐패시턴스 측정	26
온도 측정	26
범위 선택	27
분해능 설정	29
2 특징 및 기능	31
수학 연산	32
Null	33
dBm	33
dB	34
Min/Max	34
Limit	35
Hold	36

수학 표시부	37
보조 디스플레이 사용	38
측정 기능 및 보조 디스플레이	38
수학 연산 및 보조 디스플레이	40
유ти리티 메뉴 사용	41
구성 가능한 설정 변경	42
오류 메시지읽기	42
신호기	43
보조 디스플레이에서 값 편집	45
편집 할 값 선택	45
값 편집	45
계측기 상태 저장 및 불러오기	46
상태 저장	46
저장된 상태 불러오기	47
리셋/시동 상태	48
멀티미터 트리거링	50
3 측정 자습서	53
DC 측정 시 고려사항	54
노이즈 제거	55
저항 측정 시 고려사항	57
AC 측정	58
True RMS AC 측정	59
기타 주요 측정 기능	62
주파수 측정 오차	62
DC 전류 측정	62
캐패시턴스 측정	63
온도 측정	64
기타 측정 오류원	65
4 성능 테스트 및 교정	67
교정 개요	68
덮개를 닫은 상태에서의 전자 교정	68
애질런트테크놀로지스 교정 서비스	68
교정 주기	68
교정 소요 시간	69
권장 테스트 장비	70

테스트 시 고려 사항	71
입력 연결	72
성능 검증 테스트 개요	73
자가 테스트	73
빠른 성능 점검	74
성능 검증 테스트	75
제로 오프셋 검증	75
개인 검증	78
AC 전압 성능 검증 테스트(옵션)	84
AC 전류 성능 검증 테스트(옵션)	85
캐패시턴스 성능 검증 테스트(옵션)	86
교정 보안	87
교정 시 계측기 잠금 해제	88
교정 절차	90
조절 시 전면 패널 사용	91
조절	93
영점 조정	93
개인 조절	95
DC 전압 개인 조절 절차	96
DC 전류 개인 조절 절차	98
AC 전압 개인 조절 절차	99
AC 전류 개인 조절 절차	101
저항 개인 조절 절차	103
주파수 개인 조절 절차	104
캐패시턴스 개인 조절 절차	106
조절 완료	108
교정 메시지	108
교정 차수 읽기	108
교정 오류	110
5 분해 및 수리	111
작동 점검표	112
가용한 서비스 종류	113
납품용 재포장	114
세척	114
전원선 퓨즈 교체 방법	115
전류 입력 퓨즈 교체 방법	116
정전기 방전(ESD) 예방조치	118

기계적 분해	119
교체 가능한 부품	126
랙 장착	127
6 사양 129	
DC 사양 ^[1]	131
AC 사양 ^[1]	132
온도 및 캐패시턴스 사양 ^[1]	133
작동 사양	135
기타 측정 사양	136
일반 특성	140
종 측정 오차 계산 방법	142
정확도 사양	143
최고 정확도 측정에 맞는 구성	144
색인	145



1

시작하기 자습서

이 장에는 전면 패널을 사용하여 측정을 하는 방법을 보여 주는 빠른 자습서가 들어 있습니다.

Agilent 34405A 멀티미터 소개	14
내용물 확인	15
멀티미터 전원 연결	15
손잡이 조절	16
전면 패널 살펴보기	17
후면 패널 살펴보기	19
AC 또는 DC 전압 측정	22
저항 측정	23
최고 1.2A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류 측정	23
최고 12A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류 측정	24
주파수 측정	24
연속성 테스트	25
다이오드 점검	25
캐패시턴스 측정	26
온도 측정	26
범위 선택	27
분해능 설정	29



Agilent 34405A 멀티미터 소개

멀티미터 주요 특징

- 5½ 디지트 듀얼 디스플레이 측정
- 10가지 측정 기능
 - AC 전압
 - DC 전압
 - 2와이어 저항
 - AC 전류
 - DC 전류
 - 주파수
 - 연속성
 - 다이오드 테스트
 - 온도
 - 캐퍼시턴스
- 6가지 수학 기능
 - 0
 - dBm
 - dB
 - 최대/최소
 - 한계값
 - 훌드
- 4½ 또는 5½ 디지트 측정
- 듀얼 디스플레이
- USB 2.0 TMC-488.2 호환 인터페이스

내용물 확인

멀티미터 구입 시 아래의 내용물이 들어있는지 확인합니다.

- 테스트 리드 키트 1개
- 전원 코드 1개
- USB 인터페이스 케이블 1개
- 빠른 시작 설명서와 사용 및 서비스 설명서
- 테스트 보고서
- 원격 프로그래밍 온라인 도움말, 온라인 매뉴얼, 어플리케이션 소프트웨어 및 계측기 드라이버가 들어 있는 CD-ROM
- Agilent IO Library CD-ROM

어느 한 품목이라도 빠져 있다면 가까운 애질런트 영업소로 문의 하시기 바랍니다.

멀티미터 전원 연결

멀티미터를 켜려면 전원 코드를 연결하고 전원 스위치를 누릅니다.

멀티미터가 POST(Power On Self Test)를 수행하는 중에 전면 패널 디스플레이가 켜집니다(멀티미터가 켜지지 않을 경우, 112 페이지의 "[작동 점검표](#)"를 참조하십시오).

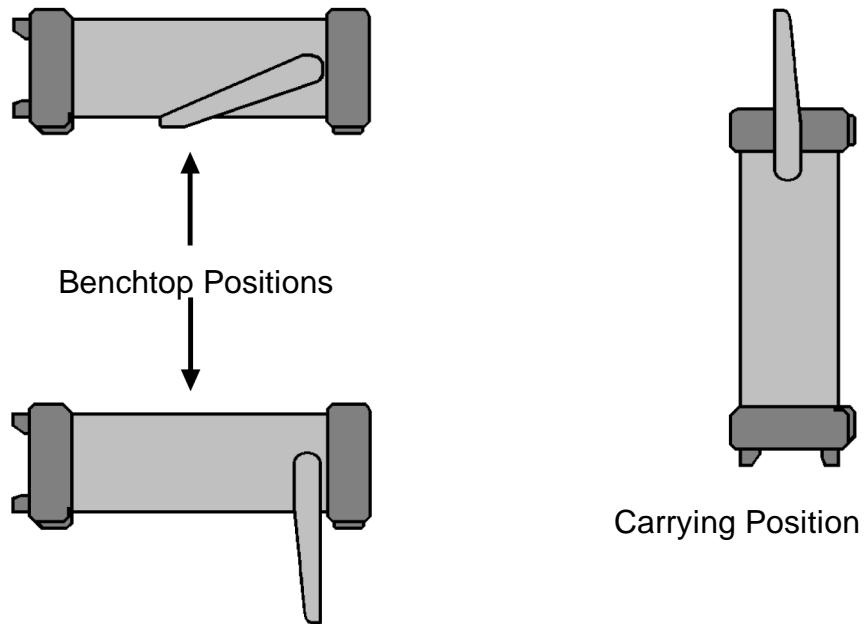
멀티미터는 자동 범위 조정이 사용 가능으로 된 채 DC 전압 기능으로 켜집니다. POST가 성공적으로 완료되면 멀티미터가 정상 작동합니다. POST가 성공적으로 완료되지 않으면 디스플레이 왼쪽에 **Error**가 나타나고 디스플레이 상단 오른쪽에 오류 번호가 나타납니다. 드문 경우이기는 하지만 반복해서 POST에 실패하는 경우에는 애질런트 영업소로 문의 하시기 바랍니다.

참 고

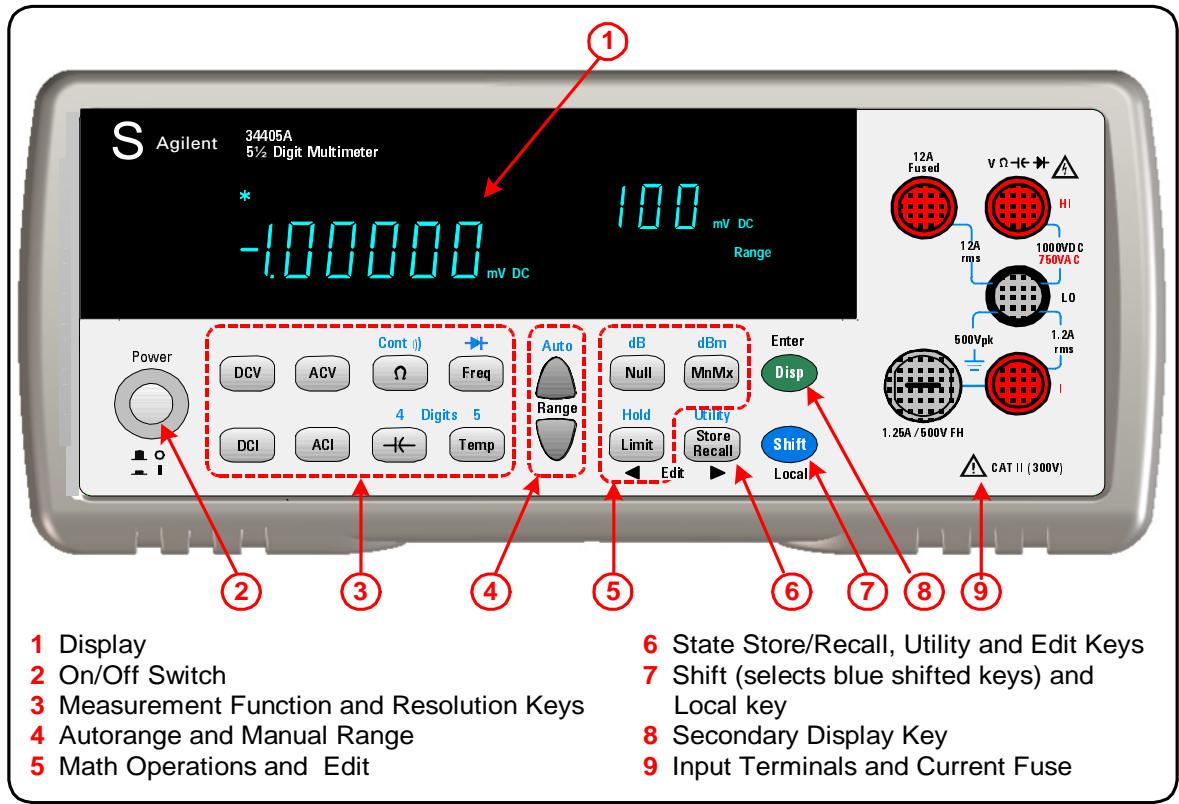
보다 광범위한 자가 테스트를 Utility 메뉴를 통해 이용할 수 있으며, 자세한 사항은 41 페이지의 "[유ти리티 메뉴 사용](#)"를 참조하십시오.

손잡이 조절

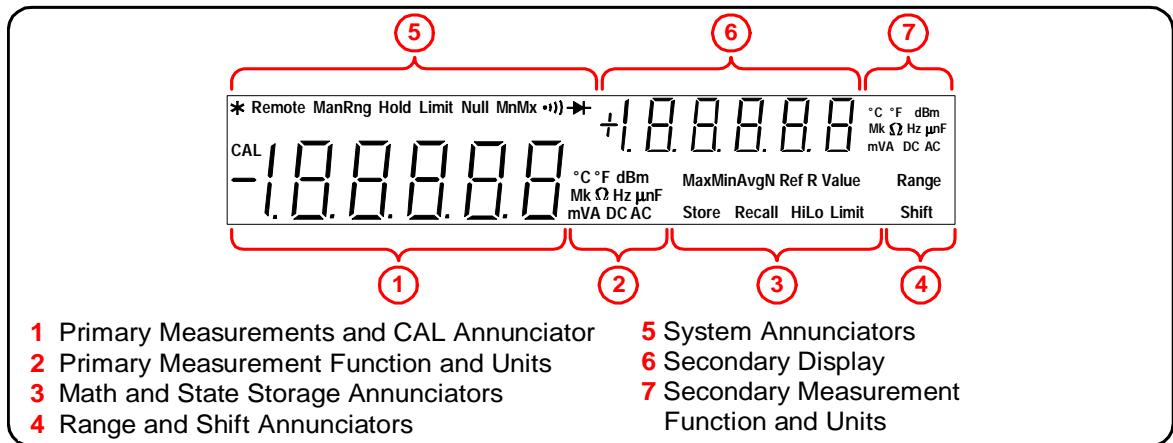
손잡이를 조절하려면 손잡이 측면을 잡고 바깥쪽으로 당깁니다.
그런 다음 손잡이를 원하는 위치로 돌립니다.



전면 패널 살펴보기



디스플레이 살펴보기

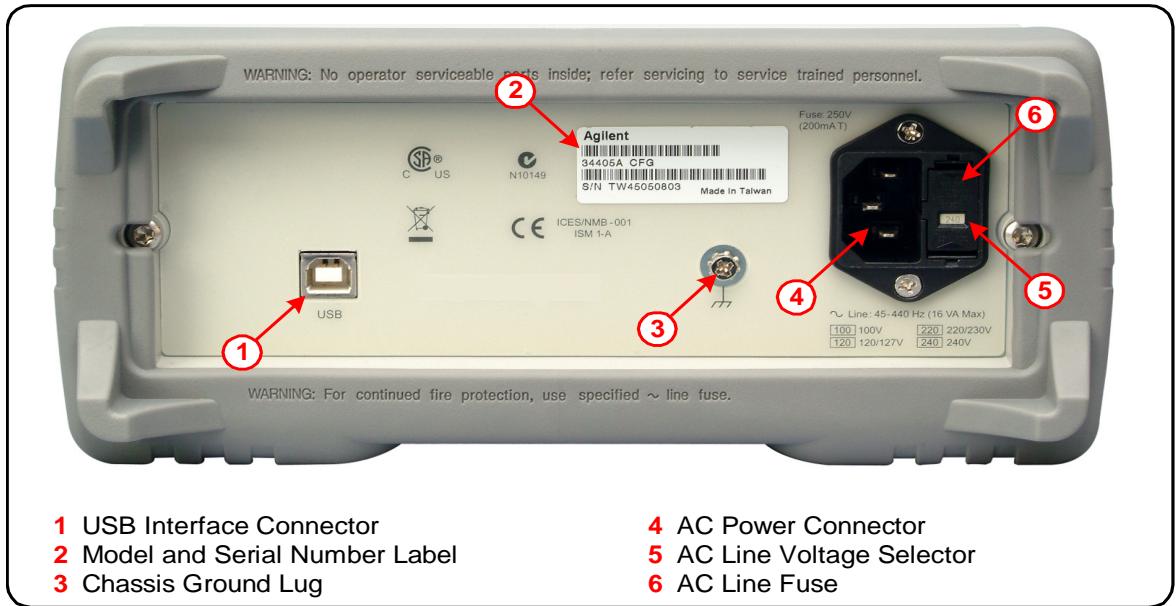


- 1** Primary Measurements and CAL Annunciator
2 Primary Measurement Function and Units
3 Math and State Storage Annunciators
4 Range and Shift Annunciators
5 System Annunciators
6 Secondary Display
7 Secondary Measurement Function and Units

시스템 표시부(위 주 디스플레이)에 대한 설명은 아래 표에 나와있습니다(수학 표시부에 대해서는 [37 페이지](#)를, 교정 표시부에 대해서는 [4장을](#) 참조하십시오).

시스템 표시부	설명
*	샘플 표시부--읽고 있는 내용을 나타냅니다.
Remote	멀티미터가 원격 인터페이스 모드로 작동하고 있는 경우.
ManRng	고정 범위를 선택함(자동 조정 범위 사용 불가)
Hold	읽기 보류 기능 사용 가능.
Limit	한계값 수학 기능 사용 가능
Null	0(Null) 수학 기능 사용 가능
MnMx	최대/최소 기능 사용 가능.
))	연속성 테스트 기능 선택.
►	다이오드 테스트 기능 선택.
Shift	Shift 키를 누른 경우

후면 패널 살펴보기



원격 작동

계측기는 USB 버스 인터페이스를 통해 SCPI 명령을 받을 때마다 자동으로 원격 상태에 들어갑니다.

원격 상태에 있을 경우  **Shift** 를 누르면 멀티미터가 전면 패널 작동 상태로 돌아갑니다.  Local

USB 인터페이스 구성 및 연결

USB 연결일 경우 계측기에서 구성할 사항은 없습니다. 계측기와 함께 제공되는 USB 2.0 케이블을 사용하여 계측기를 PC에 연결하기만 하면 됩니다.

참고

34405A와 PC 사이의 연결을 쉽게 구성하고 확인하려면 34405A와 함께 제공되는 Automation-Ready CD를 이용합니다. 이 CD에는 *Agilent IO Libraries Suite* 및 *Agilent Connection Expert* 어플리케이션이 들어있습니다. 애질런트의 I/O 연결 소프트웨어에 관한 자세한 내용은 다음 웹 사이트에서 확인하시기 바랍니다.
www.agilent.com/find/iolib

SCPI 명령

Agilent 34405A는 SCPI(*Standard Commands for Programmable Instruments*)의 구문 규칙 및 약정을 따릅니다.

참고

34405A SCPI 구문에 관한 전체적인 논의에 대해서는 *Agilent 34405A Programmer's Reference* 도움말을 참조하십시오. 이 도움말은 계측기와 함께 제공하는 *Agilent 34405A Product Reference CD-ROM*에 들어 있습니다.

SCPI 언어 버전

원격 인터페이스에서 SYSTem:VERSion? 명령을 전송함으로써 멀티미터의 SCPI 언어 버전을 결정할 수 있습니다.

- 원격 인터페이스에서만 SCPI 버전을 조회할 수 있습니다.
- SCPI 버전은 "YYYY.V" 형태로 반환되는데, 여기서 "YYYY"는 버전의 년도를, "V"는 당해 년도 버전 번호를 각각 나타냅니다 (예: 1994.0).

측정

다음 페이지에서는 연결을 측정하는 방법과 각 측정 기능용 전면 패널에서 측정 기능을 선택하는 방법을 설명합니다.

원격 작동에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 MEASure Subsystem을 참조 하십시오.

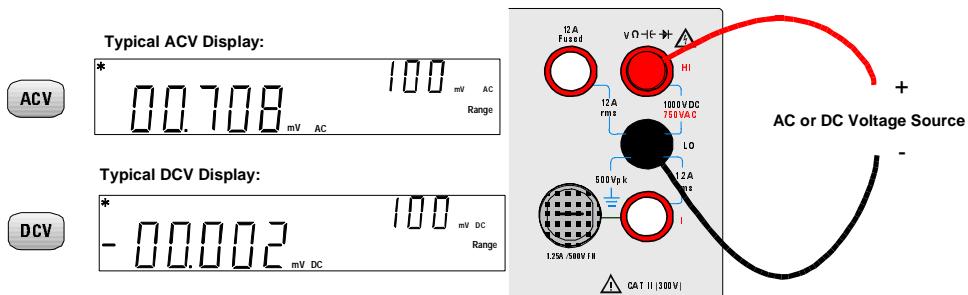
AC 또는 DC 전압 측정

AC 전압

- 5 범주: 100.000mV, 1.00000V, 10.0000V, 100.000V, 750.00 V
- 측정 방법: AC 커플링 True RMS - 어느 범주에서도 바이어스가 최고 400VDC인 AC 성분을 측정
- 파고율: 풀 스케일에서 최고 5:1
- 입력 임피던스: 모든 범주에서 병렬로 <100pF인 $1\text{ M}\Omega \pm 2\%$
- 입력 보호: 모든 범위에서 750V RMS(HI 터미널)

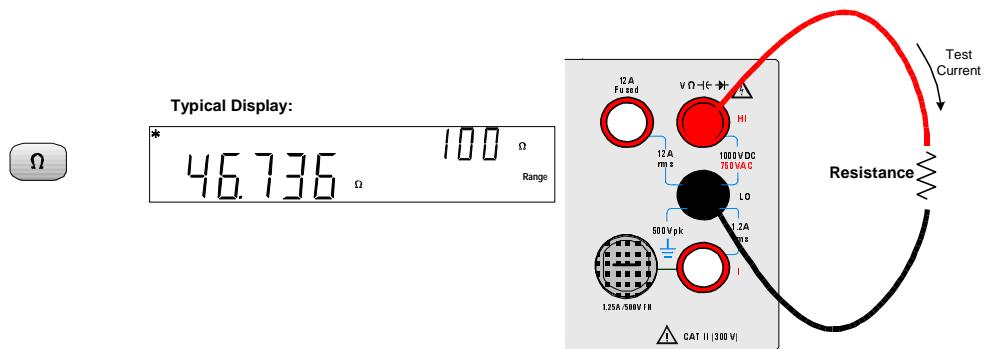
DC 전압

- 5 범주: 100.000mV, 1.00000V, 10.0000V, 100.000V, 1000.00 V
- 측정 방법: 시그마 멜타 A부터 D까지의 컨버터
- 입력 임피던스: 모든 범위에서 $\sim 10\text{ M}\Omega$ (일반)
- 입력 보호: 모든 범위에서 1000V (HI 터미널)



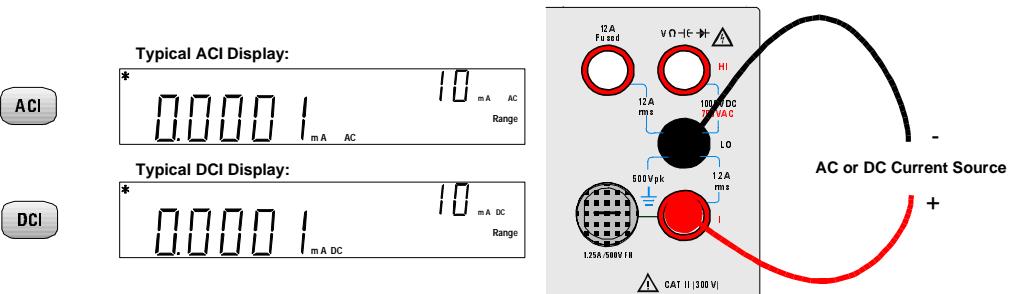
저항 측정

- 7 범주: 100.000 Ω , 1.00000k Ω , 10.0000k Ω , 100.000k Ω , 1.00000M Ω , 10.0000M Ω , 100.000M Ω
- 측정 방법: 2와이어 옴
- 회로 개방 시 전압 < 5V로 제한
- 모든 범위에서 1000V 입력 보호(HI 터미널)



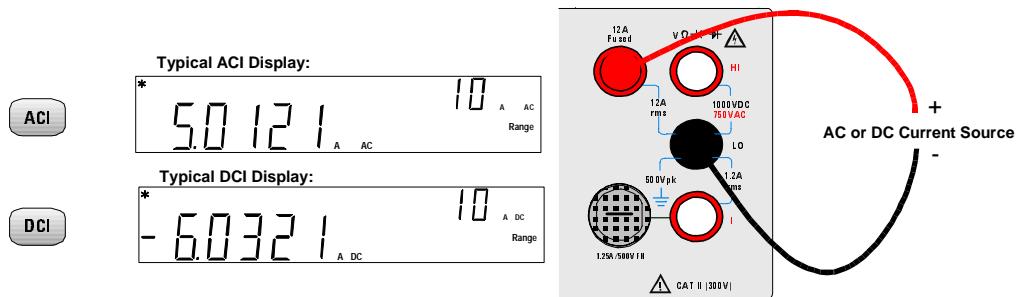
최고 1.2A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류 측정

- AC 또는 DC 전류 3 범주: 10.000mA, 100.000mA, 1.00000A
- 갈래 저항: 0.1 Ω ~ 10 Ω (10mA ~ 1A 범위일 경우)
- 입력 보호: I 터미널의 전면 패널 1.25A, 500V FH 퓨즈



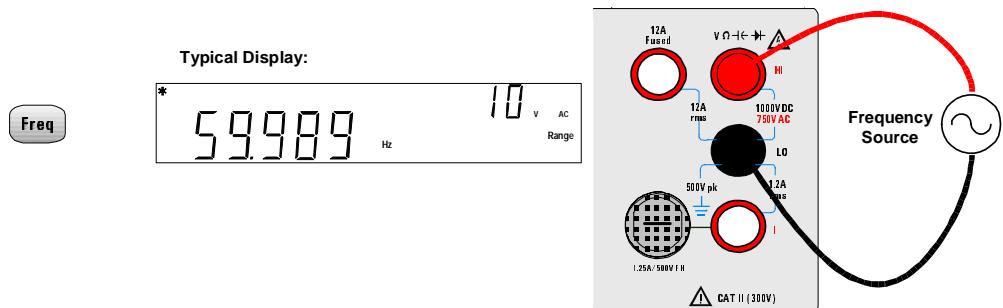
최고 12A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류 측정

- 10Amp AC 또는 DC 전류 범위
- 갈래 저항: 0.01 Ω(10A 범위 일 경우)
- 12A 터미널의 내부 15A, 600V 퓨즈



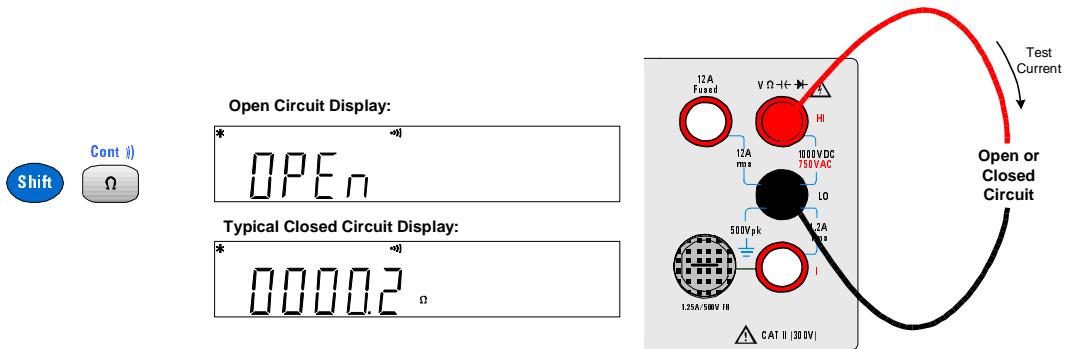
주파수 측정

- 5 범주: 100.000mV, 1.00000V, 10.0000V, 100.000V, 750.00 V. 범위는 주파수가 아니라 신호의 전압 수준을 기준으로 합니다.
- 측정 방법: 역 계수기법
- 신호 레벨: 모든 범위의 폴 스케일 입력에서 범위의 10%
- 게이트 타임: 0.1초나 입력 신호 1주기 중 긴 쪽
- 입력 보호: 모든 범위에서 750V RMS(HI 터미널)



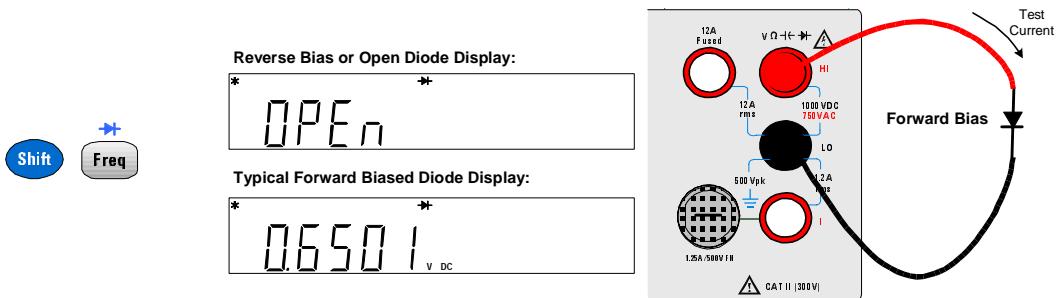
연속성 테스트

- 측정 방법: $0.83mA \pm 0.2\%$ 정전류 소스, $< 5V$ 개방 회로 전압
- 응답 시간: 가청 툰으로 초당 70개 샘플
- 연속성 임계값: 10Ω 고정
- 입력 보호: 1000V(HI 터미널)



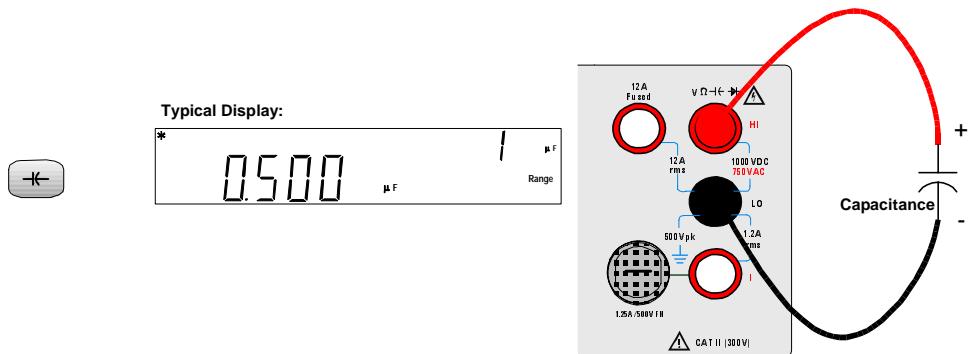
다이오드 점검

- 측정 방법: $0.83mA \pm 0.2\%$ 정전류 소스, $< 5V$ 개방 회로 전압 사용
- 응답 시간: 가청 툰으로 초당 70개 샘플
- 입력 보호: 1000V(HI 터미널)



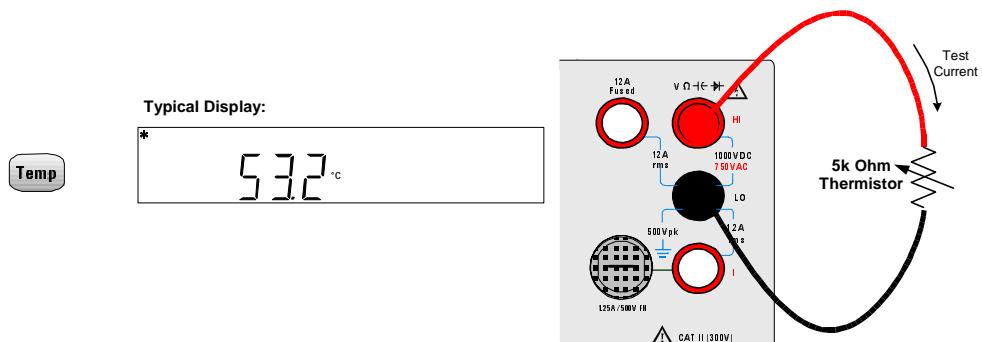
카파시턴스 측정

- 8 범주: 1nF, 10nF, 100nF, 1μF, 10μF, 100μF, 1000μF, 10,000μF 및 자동 범위
- 측정 방법: 정전류 소스 충전 시간으로 계산 보통 0.2V - 1.4V AC 신호 레벨
- 입력 보호: 1000V(HI 터미널)



온도 측정

- 80.0°C ~ 150.0 °C, -110.0°F ~ 300.0 °F
- 자동 범위 조정 측정, 수동 범위 선택 안 함.
- 측정 방법: 변환값을 계산하여 5kΩ 서미스터 센서(YSI 44007)의 2와이어 옴 측정
- 입력 보호: 1000V(HI 터미널)



범위 선택

자동 범위 조정을 이용하여 멀티미터가 범위를 자동 선택하도록 하거나 수동 범위 조정으로 고정 범위를 직접 선택할 수 있습니다. 자동 범위 조정은 멀티미터가 각 측정을 감지 및 표시하기 위해 적절한 범위를 자동으로 선택하므로 편리합니다. 하지만 멀티미터가 각 측정 시 사용할 범위를 결정하지 않아도 되므로 수동 범위 조정을 사용할 경우 성능이 더 좋아집니다.



보다 낮은 범위를 선택하고 자동 범위 조정을 사용 안 함으로 설정



보다 높은 범위를 선택하고 자동 범위 조정을 사용 안 함으로 설정



자동 범위 조정을 선택하고 수동 범위 조정을 사용 안 함으로 설정

- **ManRng** 표시부는 수동 범위를 사용 가능으로 설정했을 때 켜집니다.
- 자동 범위 조정은 전원을 켜 때와 원격 리셋 후에 선택됩니다.
- 수동 범위 조정 – 입력 신호가 선택한 범위에서 측정할 수 있는 값보다 클 경우 멀티미터는 다음과 같은 과부하 신호를 보냅니다. **OL**(전면 패널에서) 또는 “ $\pm 9.9E+37$ ”(원격 인터페이스에서).
- 주파수를 측정할 경우, 범위 조정은 주파수가 아니라 신호의 입력 전압에 적용됩니다.
- 연속성(1 k Ω 범위) 및 다이오드(1VDC 범위)의 경우에는 범위가 고정됩니다.
- 멀티미터는 선택한 범위 조정 방법(자동 또는 수동)과 각 측정 기능에 대해 선택한 수동 범위를 기억합니다.

1 시작하기 자습서

- 자동 범위 임계값 – 멀티미터는 범위를 다음과 같이 변경합니다.
전류 범위의 <10%일 경우에는 범위 하향 조정
전류 범위의 >120%일 경우에는 범위 상향 조정
- 원격 작동에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 MEASure Subsystem을 참조하십시오.

분해능 설정

DCV, DCI, 저항, ACV, ACI 및 주파수 측정 기능에 대해 4½ 또는 5½ 디지트 분해능을 선택할 수 있습니다.

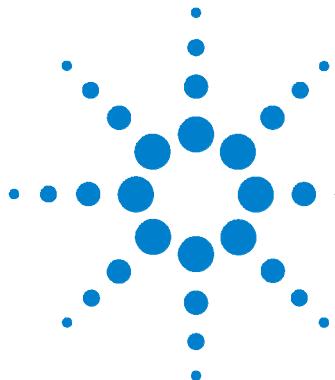
- 5½ 디지트 판독값은 정확도 및 노이즈 제거율이 가장 높습니다.
- 4½ 판독값은 보다 신속합니다.
- 연속성 및 다이오드 테스트 기능의 디스플레이에는 4½ 디지트로 고정적입니다.
- 캐패시턴스 및 온도의 디스플레이에는 3½ 디지트로 고정적입니다.

 4
 4½ 디지트 모드를 선택

 5
 5½ 디지트 모드를 선택

- 원격 작동에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 MEASure Subsystem을 참조하십시오.

1 시작하기 자습서



2

특징 및 기능

이 장에서는 멀티미터에 관한 세부 사항과 전면 패널 사용 방법을 소개합니다. 빠른 시작 설명서와 이전의 시작하기 자습서 장에서 배운 정보를 토대로 합니다.

수학 연산	32
보조 디스플레이 사용	38
유ти리티 메뉴 사용	41
보조 디스플레이에서 값 편집	45
계측기 상태 저장 및 불러오기	46
리셋/시동 상태	48
멀티미터 트리거링	50



수학 연산

아래 표에서는 각 측정 기능을 통해 이용할 수 있는 수학 연산을 설명합니다.

측정 기능	허용되는 수학 연산					
	Null	dBm	dB	Min/Max	Limit	Hold
DCV	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DCI	✓			✓	✓	✓
옴	✓			✓	✓	✓
ACV	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ACI	✓			✓	✓	✓
주파수	✓			✓	✓	✓
캐패시턴스	✓			✓	✓	✓
온도	✓			✓	✓	✓
연속성						
다이오드						

- 수학 연산은 모두 한 번 선택할 때마다 켜짐과 꺼짐이 반복됩니다.
- 수학 연산은 한 번에 하나씩만 선택할 수 있습니다. 하나가 선택되어 있을 때 다른 수학 연산을 선택하면 먼저 선택되어 있던 연산이 해제되고 그 다음에 선택한 수학 연산이 선택됩니다.
- 측정 기능을 변경할 때 수학 연산은 모두 자동으로 선택 해제됩니다.
- 모든 수학 연산에 대해 범위 변경이 가능합니다.
- 원격 연산에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 CALCulate Subsystem을 참조하십시오.

Null



Null(널) 즉, 기준을 측정할 경우 각 판독값은 저장된 널 값과 입력 신호의 차입니다. 예를 들어, 이 기능으로 테스트 리드 저항을 영으로 조정함으로써 저항을 보다 정확하게 측정할 수 있습니다.

Null 연산을 선택하면 멀티미터가 다음 판독값을 오프셋 등록부에 저장하고 즉시 주 디스플레이에 표시합니다.

주 디스플레이 = 판독값 - 오프셋

45 페이지의 "보조 디스플레이에서 값 편집"에서 설명한 대로 보조 디스플레이에서 오프셋 값을 확인 및 편집할 수 있습니다.

멀티미터에서는 다음과 같은 측정 기능에 대해 Null 설정을 할 수 있습니다. DC 전압, AC 전압, DC 전류, AC 전류, 저항, 주파수, 캐패시턴스 및 온도.

dBm



RF 신호 측정 시 보통 로그 dBm(1mw에 대한 데시벨 값) 눈금을 사용합니다. 멀티미터의 dBm 연산은 측정값 하나를 취하여 기준 저항(보통 50W, 75W 또는 600Ω)으로 전달되는 전력을 계산합니다. 전압 값을 변환하는 데 사용하는 공식은 다음과 같습니다.

$$dBm = 10 \times \log_{10} [(\text{판독값}^2 / R_{REF}) / 0.001W]$$

몇 가지 기준 저항 값 중에서 하나를 선택할 수 있습니다.

R_{REF} = 2Ω, 4Ω, 8Ω, 16Ω, 50Ω, 75Ω, 93Ω, 110Ω, 124Ω, 125Ω, 135Ω, 150Ω, 250Ω, 300Ω, 500Ω, 600Ω, 800Ω, 900Ω, 1000Ω, 1200Ω 또는 8000Ω

결과 값은 디지트 설정 값과는 상관 없이 표시되는 분해능이 0.01dBm으로 ± 120.000dBm의 범위에 해당합니다.

45 페이지의 "보조 디스플레이에서 값 편집"에서 설명한 대로 보조 디스플레이에서 R_{REF} 값을 확인 및 선택할 수 있습니다.

dB

사용 가능으로 설정할 경우 dB 연산은 다음 판독값의 dBm 값을 계산하여 결과를 dB Ref 등록부에 저장하고 즉시 다음 계산을 진행합니다. 처음 표시되는 판독값은 항상 정확하게 000.00 dB입니다.

$$dB = 10 \times \log_{10} [(\text{판독값}^2 / R_{\text{REF}}) / 0.001W] - \text{dB Ref}$$

- dB Ref를 0dBm과 ± 120.000dBm 사이의 어느 값으로도 설정 할 수 있습니다. 기본 R_{REF} 는 0dBm입니다.
- 결과 값은 디지트 설정 값과는 상관 없이 표시되는 분해능이 0.01dBm으로 ± 120.000dB의 범위에 해당합니다.

45 페이지의 "보조 디스플레이에서 값 편집"에서 설명한 대로 보조 디스플레이에서 dB Ref 값을 확인 및 편집할 수 있습니다. dB Ref

값은 표시되는 분해능이 0.001dBm인 ± 120.000dB 범위에서 보조 디스플레이에 표시됩니다.

Min/Max

Min/Max(최소/최대) 연산은 일련의 측정 중에 최대/최소값, 평균, 판독 개수를 저장합니다.

사용 가능으로 설정할 경우 Min/Max 연산은 MnMx 표시부를 켜고 표시되는 판독값에 대한 여러 통계를 측정하기 시작합니다.

새로운 최소값이나 최대값을 저장할 때마다 계측기가 한 번 울리고 (신호기가 켜져 있는 경우) 해당하는 Max 또는 Min 표시부에 불이 잠깐 들어옵니다. 멀티미터는 판독값 전체의 평균을 계산하고 Min/Max를 사용 가능으로 설정한 후 행한 판독 개수를 기록합니다.

- 측정되는 통계치는 다음과 같습니다.
- Max-- 최대/최소를 사용 가능으로 설정한 후 최고 판독값
- Min-- 최대/최소를 사용 가능으로 설정한 후 최저 판독값
- Avg-- 최대/최소를 사용 가능으로 설정한 후 판독값 전체의 평균
- N-- 최대/최소를 사용 가능으로 설정한 후 행한 판독 횟수

최대/최소를 사용 가능으로 설정한 경우 Disp 를 누르면 보조 디스플레이에서 여러 Max, Min, Avg, N 값을 보여줍니다. 최대값

(120000)에 도달한 후 계수가 과학적 표시법으로 표시될 때까지 계수 값이 정수 형식으로 표시됩니다.

Limit



Limit(한계값) 연산으로 정해진 상한값 및 하한값을 기준으로 한 통과/실패 테스트를 수행할 수 있습니다. 현 기능의 최고 범위의 0%와 ±120% 사이의 값으로 상한값과 하한값을 설정할 수 있습니다.

- 상한값은 항상 하한값보다 큰 값으로 설정해야 합니다. 각 한계값의 초기 설정은 0입니다.
- 보조 디스플레이에서는 판독값이 정해진 한계값 이내에 있을 때 PASS를 표시합니다. 보조 디스플레이에서는 판독값이 상한값을 초과할 경우 HI를, 하한값 미만일 경우 LO를 각각 나타냅니다.
- 신호기가 켜져 있을 경우(41 페이지의 "유틸리티 메뉴 사용" 참조) PASS에서 HI로 또는 PASS에서 LO로 변할 때 또는 HI에서 LO로 또는 LO에서 HI로 직접 변할 때(중간에 PASS가 없음) 신호가 울립니다.

45 페이지의 "보조 디스플레이에서 값 편집"에서 설명한 대로 보조 디스플레이에서 상한값과 하한값을 확인 및 편집할 수 있습니다.

Hold



판독 보류(Hold) 기능으로 전면 패널 디스플레이에서 안정적인 판독값을 포착 및 보류할 수 있습니다. 안정적인 판독값을 감지하면 멀티미터는 신호음을 울리고(신호기가 켜져 있는 경우) 주 디스플레이에서 해당 값을 보류합니다. 보조 디스플레이에는 현재의 판독값이 표시됩니다.

사용 가능으로 설정할 경우 훌드 연산은 Hold 표시부를 켜고 아래서 설명하는 규칙에 따라 판독값을 평가하기 시작합니다.

주 디스플레이 = 판독값_N 최대0 - 최소0 ≤ 0.1% x 판독값_N일 경우

주 디스플레이에서의 새로운 판독값 업데이트는 아래서 설명하는 대로 현재의 판독값과 이전 판독값 3개의 박스카(Box-Car) 이동 통계를 기준으로 정해집니다.

최대(판독값_N 판독값_{N-1} 판독값_{N-2} 판독값_{N-3})

최소(판독값_N 판독값_{N-1} 판독값_{N-2} 판독값_{N-3})

수학 표시부

수학 **Hold**, **Limit**, **Null** 및 **MnMx** 표시부는 주 디스플레이 위쪽에 있으며 **dB/dBm** 표시부는 주 디스플레이 오른쪽에 있습니다 (18 페이지의 "디스플레이 살펴보기" 참조). 수학 값 표시부는 보조 디스플레이 아래쪽에 위치하여 보조 디스플레이에서 수학 값을 확인 및 편집하는 것을 지원합니다.

표 1 수학 값 표시부

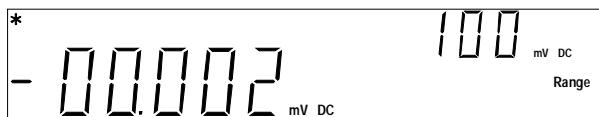
수학 연산	확인/편집 시	편집 가능	수학 표시부
Null	오프셋	✓	Ref 값
dBm	R _{REF}	✓	Ref R 값
dB	dB Ref	✓	Ref 값
MnMx	최대 값 최소 값 평균 판독 계수		최 대 최 소 평 균 N
Limit	상한 값 하한 값	✓ ✓	상 한 값 하 한 값

보조 디스플레이 사용

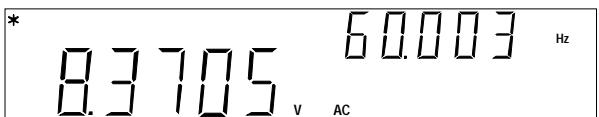
측정 기능은 대부분 보조 디스플레이에 표시될 수 있는 범위나 측정 기능이 미리 정의되어 있습니다. 수학 연산은 모두 보조 디스플레이에 표시되는 연산이 미리 정의되어 있습니다.

측정 기능 및 보조 디스플레이

측정 시 보조 디스플레이를 통해 측정 범위(측정 기능 대부분에 대한)를 표시하거나 미리 정의되어 있는 보조 측정 기능을 선택할 수 있습니다. 예를 들어, DCV를 표시하는 전형적인 주 디스플레이와 DCV 범위를 표시하는 보조 디스플레이의 모습은 다음과 같습니다.



또 다른 예로, ACV를 표시하는 전형적인 주 디스플레이와 입력 신호의 측정 주파수를 표시하는 보조 디스플레이의 모습은 다음과 같습니다.



보조 디스플레이는 선택한 주 측정 기능과 다음 단추를 누른 횟수를 기반으로 합니다.

Disp

아래 표에서는 전체 측정 기능에 대한 보조 디스플레이 기능을 보여 줍니다.

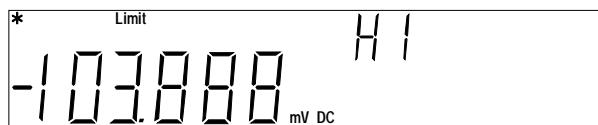
 를 계속해서 누르면 아래 표에 나와 있는 현 측정 기능에 대한 보조 디스플레이 선택 사항이 차례로 선택됩니다. 온도, 연속성 및 다이오드 기능은 보조 디스플레이가 없습니다.

보조 디스플레이			
주 디스플레이	기본 보조 디스플레이	Disp 키 한번 누름	Disp 키 두 번 누름
DCV	DCV 범위	ACV	꺼짐
DCI	DCI 범위	ACI	꺼짐
저항	저항 범위	꺼짐	저항 범위
ACV	ACV 범위	주파수	꺼짐
ACI	ACI 범위	주파수	꺼짐
주파수	AC 전압 범위	ACV	꺼짐
캐패시턴스	캐패시턴스 범위	꺼짐	캐패시턴스 범위
온도	꺼짐	꺼짐	꺼짐
연속성	꺼짐	꺼짐	꺼짐
다이오드 테스트	꺼짐	꺼짐	꺼짐

- 두 번째 측정 기능을 선택하면 분해능이 주 측정 설정과 같아지고 가능한 경우 자동 범위를 사용합니다.
- 수학 연산을 선택하면 측정의 보조 디스플레이가 꺼집니다. 수학 연산은 모두 다음 페이지에서 설명하는 대로 보조 디스플레이에 나타나는 사전 정의 디스플레이를 제공합니다.
- 원격 연산에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 DISPLAY:WINDOW2 명령을 참조하십시오.

수학 연산 및 보조 디스플레이

수학 연산을 선택하면 보조 디스플레이에 수학 연산 결과나 수학 연산에 사용되는 값이 표시됩니다. 예를 들어, DCV 측정을 위한 한계값(Limit) 수학 연산을 표시하는 전형적인 주 디스플레이와 상한값 초과를 표시하는 보조 디스플레이의 모습은 다음과 같습니다.



Disp 를 계속해서 누르면 아래 표에 나와 있는 현 수학 연산에 대한 보조 디스플레이 선택 사항이 차례로 선택됩니다. (판독값은 아래 표에서 원래 측정한 판독값을 나타내는 데 사용합니다.)

보조 디스플레이						
수학 연산	주 디스플레이	기본 보조 디스플레이	Disp 키를 한 번 누름	Disp 키를 두 번 누름	Disp 키를 세 번 누름	Disp 키를 네 번 누름
Null	0의 판독값	기준값	꺼짐			
dBm	dBm	현 판독값	R _{REF}	꺼짐		
dB	dB	현 판독값	dB Ref (단위: dBm)	꺼짐		
Min/Max	판독값	최대값	최소값	평균값	N(계수) 값	꺼짐
Limit	판독값	통과 HI LO	상한값	하한값	꺼짐	
Hold	판독 보류	현 판독값	꺼짐			

유틸리티 메뉴 사용

유틸리티 메뉴를 사용하여 수 많은 비휘발성 계측기 구성을 사용자가 정의할 수 있습니다. 오류 메시지나 하드웨어 개정 코드도 표시합니다. 유틸리티 메뉴 항목은 아래 표에 나와있습니다.

보조				
주 디스플레이	디스플레이 설정	설명	원격 명령	
tEST	없음	있음	있을 경우, 다음 Store/Recall 버튼을 누를 때 즉시 자가 테스트를 수행합니다. 자가 테스트가 끝나면 정상적인 계측기 작동 상태로 돌아갑니다.	*TST? (자가 테스트가 즉시 실행됨)
°unit	°C	°F	온도 측정 시 표시 단위를 바꿉니다.	UNIT:TEMPerature <units>
bEEP	켜짐	꺼짐	다이오드, 최대/최소, 한계값 테스트 및 보류신호 발생을 선택하거나 선택 해제합니다.	SYSTem:BEEPer:STATe <mode>
P-On	rESEt	LASt	전원을 켰 때 State 0(마지막으로 전원을 껏을 때 계측기 상태)의 호출 여부를 결정합니다. 참고: 멀티미터는 항상 전원을 끄기 전 상태를 저장합니다. 이것은 전원을 켰 때 그 상태를 불러올 것인지 여부만을 결정합니다.	MEMORY:STATE:RECall:AUTO <mode>
2.diSP	켜짐	꺼짐	보조 디스플레이를 켜거나 끕니다.	DISPLAY:WINDow2[STATe] <mode>
StorE	켜짐	꺼짐	모든 전면 패널 상태 저장 작업을 선택하거나 선택 해제합니다.	MEMORY:STATE:STORe <mode>
Edit	켜짐	꺼짐	모든 수학 등록 편집을 선택하거나 선택 해제합니다.	없음
Error	nonE	nn.Err	아래 판독 오류 메시지를 참조하십시오.	SYSTem:ERRor?
CodE	1-dd.d	2-dd.d	프로세서 코드 개정 번호를 표시합니다. 1= 측정 프로세서 개정판 2= IO 프로세서 개정판	*IDN? (원격에서 제조업체 이름, 모델 번호 및 일련 번호도 반환합니다)
UtitY	donE		주 디스플레이에 donE를 1초간 표시한 다음 정상 작동 상태로 돌아갑니다.	없음

구성 가능한 설정 변경

유ти리티 메뉴에서 처음 7개 항목은 조정할 수 있습니다
(**Error** 및 **CodE**는 변경할 수 없음).

- 1 유ти리티 메뉴에 액세스하려면  을 누릅니다.
- 2 주 디스플레이에 첫번째 유ти리티 메뉴 선택 항목(**tESt**)이 표시됩니다. 구성 가능한 항목을 순서대로 확인하면 보조 디스플레이에 각 항목의 현 설정 상태가 표시됩니다.
- 3 설정을 변경하려면  및  키를 사용하여 원하는 설정을 선택합니다.
- 4 올바른 설정 내용이 보조 디스플레이에 표시되면,  을 눌러 해당 내용을 저장하고 다음 항목으로 이동합니다.

참 고

tESt를 **On**으로 설정하면 **Store/Recall**을 누를 때 즉시 유ти리티 메뉴가 종료되고 자가 테스트가 실행됩니다. **tESt**를 **OFF**로 설정하면 다음 단계(5단계)로 이동합니다.

- 5 유ти리티 메뉴에 있는 모든 항목에 대해 4단계와 5단계를 반복합니다.
- 6 유ти리티 메뉴의 끝에 도달하면 주 디스플레이에는 **utitY**가 표시되고 보조 디스플레이에는 **donE**가 잠깐 나타나며 그 후 멀티미터는 정상 작동 상태로 돌아갑니다.

오류 메시지 읽기

다음 절차는 전면 패널에서 오류 메시지를 읽는 방법을 보여줍니다.
원격 작동에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 SYSTEM:ERRor? 명령을 참조하십시오.

- 1 유ти리티 메뉴에 액세스하려면   을 누릅니다.
 - 2 주 디스플레이에 **Error**가 나타날 때까지    를 7번 누릅니다.
 - 3 오류 대기열에 오류가 없을 경우 보조 디스플레이에 **nonE**가 표시됩니다.
- 오류가 한 개 이상일 경우, 주 디스플레이에는 **Error**가, 보조 디스플레이에는 **nn.Err**가 각각 표시됩니다(여기서 **nn**은 오류 대기열에 있는 총 오류 개수임). 예를 들어, 대기열에 오류가 세 개 있다면 보조 디스플레이에 **03.Err**가 깜박입니다. 오류는 번호가 매겨져 발생한 순서대로 대기열에 저장됩니다.
- 4 오류 대기열에 오류가 있을 경우 첫번째 오류를 확인하려면  을 누릅니다. 주 디스플레이에는 대기열에 있는 오류 번호가, 보조 디스플레이에는 실제 오류 번호가 각각 표시됩니다.
 - 5 오류 대기열에 있는 모든 오류에 대해 4단계를 반복합니다.
 - ( 을 사용하여 이전 오류를 볼 수도 있습니다).
 - 6 오류를 모두 확인한 후, 유ти리티 메뉴를 종료하려면   를 두 번 누릅니다.
 - 7  을 누르면 오류 대기열이 자동으로 비워지고 유ти리티 메뉴가 종료됩니다.

신호기

정상적일 경우, 특정 조건에 부합할 때마다 멀티미터에서는 신호음이 울립니다(예를 들어, 판독 보류 모드에서 안정적인 판독값이 포착되었을 때 멀티미터에서 신호음이 울림). 신호기는 제조 시 ON으로 설정되어 있으나 직접 선택 해제할 수도 있습니다.

- 신호기를 끄더라도 전면 패널 키를 누를 때 키 소리는 납니다.
- 다음과 같은 경우에는 신호음이 항상 울립니다
(신호기가 꺼져있더라도).
 - 연속성 측정값이 연속성 임계값 이하일 경우
 - SYSTem:BEEPer 명령을 받은 경우
 - 오류가 발생한 경우
- 설명한 신호음 작동 방식 외에도 신호기를 켜 놓을 경우 다음과 같은 경우에는 신호음이 한 번 울립니다
(신호기를 끄면 다음과 같은 경우에 신호음이 울리지 않습니다).
 - 새로운 최소값이나 최대값을 저장한 경우
 - 수학 보류 작동 시 디스플레이에서 새로운 안정적인 판독값이 업데이트 되는 경우
 - 측정값이 상한값을 초과하거나 하한값 미만인 경우
 - 다이오드 기능에서 순방향 바이어스가 측정된 경우

보조 디스플레이에서 값 편집

보조 디스플레이에서는 여러 수학 기능 값을 편집할 수 있습니다. 아래 표에서는 숫자 편집 중 핵심 작업을 설명합니다. 이러한 규칙은 유ти리티 메뉴 내에서 편집할 경우에도 적용됩니다.

Null, Limit, dB, dBm 수학 기능 시 사용하는 값을 편집할 수 있습니다. 원격 연산에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 CALCulate Subsystem을 참조하십시오.

편집 할 값 선택

수학 기능을 사용 가능으로 설정한 상태에서 편집하려는 **Ref 값**, **Ref R 값**, **상한값** 또는 **하한값**이 보조 디스플레이에 나타날 때까지

 Disp 를 누릅니다.

편집 모드를 선택하려면  Limit 을 누릅니다.

보조 디스플레이에는 **Edit**가 잠깐 나타나는데, 이는 편집 모드에 있음을 나타냅니다.

값 편집

다음과 같은 키를 사용하여 커서를 숫자 위로 가져갈 수 있습니다.

 Limit 커서를 왼쪽으로 이동합니다.

 Edit Store Recall 커서를 오른쪽으로 이동합니다.

커서를 숫자 위로 가져갔으면 다음 키로 해당 값을 수정합니다.

 숫자가 커짐  숫자가 작아짐

편집이 끝났으면 다음 버튼을 눌러 새 값을 저장합니다.

 Disp

계측기 상태 저장 및 불러오기

전면 패널 설정, 수학 등록, 유ти리티 설정, 버스별 설정을 포함한 전체적인 계측기 상태를 저장하고 불러올 수 있습니다. 사용자 저장 등록부는 1번부터 4번까지 네 개가 있습니다. 추가 상태(State 0)는 계측기가 관리 하며 마지막으로 전원을 끄기 직전의 상태를 저장합니다. 계측기는 전원을 끌 때마다 전체 계측기 구성을 State 0에 자동 저장합니다.

원격 작동에 관해서는 *Agilent 34405A Online Programmer's Reference* 온라인 도움말에 있는 MEMORY Subsystem, *SAV, *RCL 명령을 참조하십시오.

참 고

상태를 저장 하려면 먼저 유ти리티 메뉴에서 저장 기능을 사용 가능(On)으로 설정해 놓아야 합니다. 자세한 사항은 41 페이지의 "유ти리티 메뉴 사용"을 참조하십시오.

상태 저장

계측기 상태를 저장하기 전에 저장하려는 측정 기능이나 범위, 수학 연산 등을 선택합니다. 계측기 상태를 저장 하려면

- 1  을 누르면 디스플레이에 **Store** 및 **Recall** 표시부가 깜박이기 시작합니다.

- 2 **Store** 표시부만 깜박일 때까지  또는  을 누릅니다.

- 3  을 다시 누릅니다.

- 4 사용하려는 상태 번호(1~4)가 보조 디스플레이에서 깜박일 때까지  또는  을 누릅니다.

- 5  을 눌러 상태를 저장합니다. 상태가 성공적으로 저장되면 보조 디스플레이에 **done**이 잠깐 나타납니다.

참 고

상태를 불러오지 않고 불러오기 작업을 피하려면 위 4단계에서 **ESC**

를 누르고  을 누르면 됩니다. 그러면 보조 디스플레이에 --- 표시가 잠깐 나타납니다.

저장된 상태 불러오기

계측기 상태를 불러오려면

1  을 누르면 디스플레이에 **Store** 및 **Recall** 표시부가 깜박이기 시작합니다.

2 **Recall** 표시부만 깜박일 때까지  또는  을 누릅니다.

3  을 다시 누릅니다.

4 불러오려는 상태 번호가 보조 디스플레이에서 깜박일 때까지

 또는  을 누릅니다. **1** 부터 **4** 까지 중에서 선택하거나 전원을 끄기 전 상태를 선택하려면 **LAST**를 선택하면 됩니다. 상태를 불러오지 않고 종료하려면 **ESC**를 누릅니다.

5  을 눌러 불러오기(또는 **ESC**) 작업을 수행합니다. 그러면 보조 디스플레이에 **donE**가 잠깐 표시됩니다.

참 고

상태를 불러오지 않고 불러오기 작업을 피하려면 위 4단계에서 **ESC**

를 누르고  을 누르면 됩니다. 그러면 보조 디스플레이에 --- 표시가 잠깐 나타납니다.

리셋/시동 상태

아래 표는 출하 시 받은 설정에서 전원을 켜고 USB 원격 인터페이스를 통해 *RST 명령을 받은 34405A의 설정 사항을 요약해 놓은 것입니다. 사용자가 정의하는 바에 따라 달라지는 비휘발성 동작은 굵은 글씨로 되어 있습니다.

표 2 리셋/시동 상태

파라미터	제조 시 설정	시동/리셋 상태
측정 구성		
기능	DCV	DCV
범위	자동	자동
분해능	5½ 디지트	5½ 디지트
온도 단위	°C	사용자 설정
수학 연산		
수학 상태, 기능	꺼짐, Null	꺼짐, Null
수학 등록부	지워짐	지워짐
dBm 기준 저항	600Ω	사용자 설정
수학 등록부 편집	켜짐	사용자 설정
트리거 작업		
트리거 소스*	자동 트리거	자동 트리거
시스템 관련 작동		
종료 시 상태 불러오기	사용 안 함	사용자 설정
저장된 상태	0-4 지움	변경 불가
신호기	켜짐	사용자 설정
디스플레이	켜짐	켜짐
원격/로컬 상태*	로컬	로컬
키보드*	잠금 해제, 로컬 키 사용	잠금 해제, 로컬 키 사용
출력 버퍼 읽기*	지워짐	지워짐
오류 대기열*	지워짐	지워짐

표 2 리셋/시동 상태

파라미터	제조 시 설정	시동/리셋 상태
시동 상태 지우기*	사용 가능	사용자 설정
상태 등록부, 수학 및 변환 필터*	지워짐	시동 상태 지우기를 사용 가능으로 설정한 경우 지워짐, 그 외의 경우에는 변경 불가
일련 번호	계측기별 고유 값	변경 불가
교정		
교정 상태	안전함	사용자 설정
교정 값	0	변경 불가
교정 문자열	지워짐	변경 불가

*IO 프로세서 펌웨어가 관리하는 상태

멀티미터 트리거링

전면 패널(로컬 모드)에서는 멀티미터가 항상 자동 트리거링됩니다. 자동 트리거링은 선택한 측정 구성에 가능한 최고 속도로 연속 판독을 합니다.

원격 인터페이스에서는 멀티미터를 세 단계에 걸쳐 트리거링 할 수 있습니다.

- 1** 기능, 범위, 분해능 등을 선택함으로써 측정에 맞게 멀티미터를 구성합니다.
- 2** 멀티미터의 트리거 소스를 지정합니다. 원격 인터페이스를 통한 소프트웨어(버스) 트리거나 즉각적인 내부 트리거(기본 트리거 소스)를 선택할 수 있습니다.
- 3** 멀티미터가 정해진 소스로부터 트리거를 수락할 준비가 되었는지 확인합니다(이를 트리거대기 상태라고 함).

즉시 트리거링

즉시 트리거링 모드는 원격 인터페이스에서만 사용할 수 있습니다.

즉시 트리거 모드에서는 항상 트리거 신호가 존재합니다. 멀티미터를 트리거 대기 상태로 두면 트리거가 즉시 시작됩니다. 이는 원격 인터페이스 작동용 기본 트리거 소스입니다.

- 원격 인터페이스 작동: 다음 명령으로 즉시 트리거 소스를 선택합니다.

`TRIGger:SOURce IMMEDIATE`

`CONFIGure` 및 `MEASure?` 명령은 트리거 소스를 자동으로 `IMMEDIATE`으로 설정합니다.

이러한 명령에 관한 전체적인 설명 및 구문에 대해서는 *Agilent 34405A Programmer's Reference*를 참조하십시오.

소프트웨어(버스) 트리거링

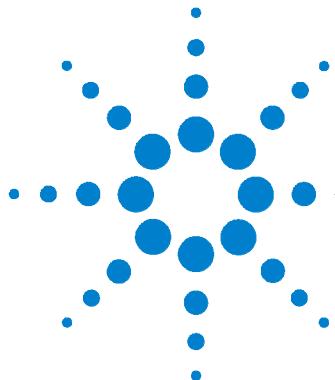
버스 트리거 모드는 원격 인터페이스에서만 사용할 수 있습니다.

버스 트리거 모드는 트리거 소스에서 BUS를 선택한 후 버스 트리거 명령을 보내는 것으로 시작됩니다.

- TRIGger:SOURce BUS 명령으로 버스 트리거 소스를 선택합니다.
- MEASure? 명령은 BUS 트리거를 덮어쓰고 DMM을 트리거링한 다음 측정값을 반환합니다.
- READ? 명령은 BUS 트리거를 덮어쓰지 않는데 이를 선택할 경우 오류가 발생합니다. IMMEdiate 트리거를 선택한 경우에만 계측 기를 트리거링하고 측정값을 반환합니다.
- INITiate 명령은 측정을 개시하기만 하므로 트리거(BUS 또는 IMMEdiate)가 있어야 실제 측정을 할 수 있습니다.

이러한 명령에 관한 전체적인 설명 및 구문에 대해서는 *Agilent 34405A Programmer's Reference*를 참조하십시오.

2 특징 및 기능



3

측정 자습서

Agilent 34405A 멀티미터로 매우 정확한 측정을 할 수 있습니다. 최고의 정확도를 얻으려면 필요한 단계를 거쳐 발생 가능성이 있는 측정 오차를 제거해야 합니다. 이 장에서는 측정 시 발생하는 일반적인 오차를 설명하고 이러한 오차를 피할 수 있는 방법을 제시합니다.

DC 측정 시 고려 사항	54
노이즈 제거	55
저항 측정 시 고려 사항	57
True RMS AC 측정	59
기타 주요 측정 기능	62
기타 측정 오류원	65



DC 측정 시 고려사항

열 EMF 오차

열전 전압은 낮은 DC 전압 측정 시 가장 일반적인 오류원입니다. 열전 전압은 서로 다른 금속을 사용하여 서로 다른 온도에서 회로를 연결할 때 발생합니다. 금속끼리의 접합은 열전쌍을 형성하는데 이 열전쌍은 접합 온도와 비례하여 전압을 발생시킵니다. 필요한 예방조치를 취하여 저전압 측정 시 열전쌍 전압과 온도 변화를 최소화해야 합니다. 멀티미터의 입력 터미널은 구리 합금이므로 구리끼리 꼬아서 연결할 때 최상의 연결 상태가 이루어집니다. 아래 표에서는 서로 다른 금속 간 연결 시 발생하는 일반적인 열전 전압을 보여줍니다.

구리와 연결	대략적인 mV / °C	구리와 연결	대략적인 mV / °C
카드뮴-주석 솔더	0.2	알루미늄	5
구리	<0.3	주석-납 솔더	5
금	0.5	코바 또는 Alloy 42	40
은	0.5	규소	500
활동	3	산화 구리	1000
베릴륨 구리	5		

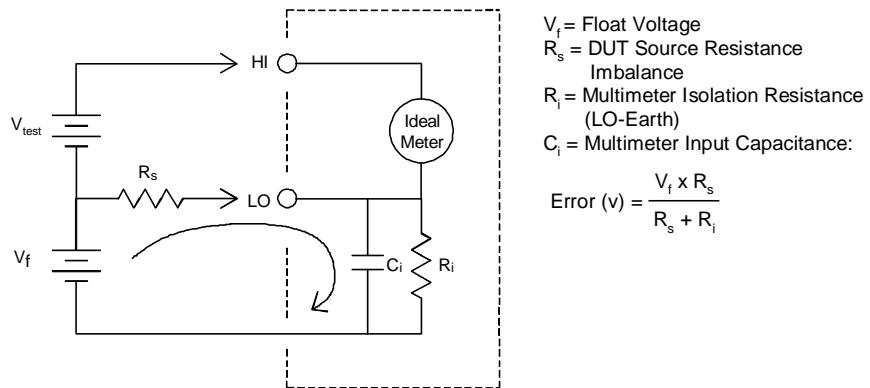
노이즈 제거

전원선 노이즈 전압 제거

통합 A/D 컨버터의 필수 특징은 DC 입력 신호에 있는 전원선 관련 노이즈를 제거하는 능력입니다. 이를 정상 모드 노이즈 제거 즉, NMR(Normal Mode Noise Rejection)이라고 합니다. 멀티미터는 고정 기간에 걸쳐 "통합"하여 평균 DC 입력을 측정함으로써 NMR을 얻습니다.

CMR(Common Mode Rejection)

이상적인 것은 멀티미터를 접지 기준 회로에서 완전히 분리하는 것입니다. 하지만 아래 그림에서 보는 바와 같이 멀티미터의 입력 LO 터미널과 접지 사이에는 한정된 저항이 있습니다. 이로 인해 접지 기준 플로팅 저전압 측정 시 오차가 발생할 수 있습니다.



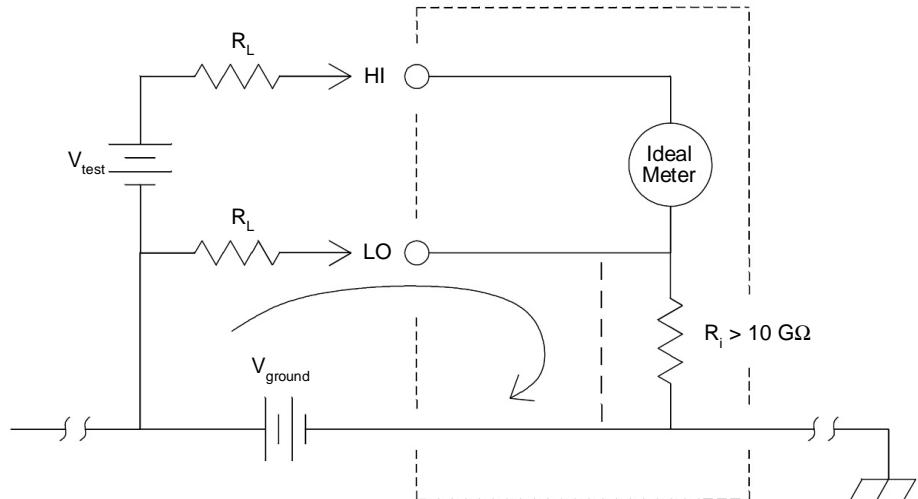
멀티미터의 NMR 및 CMR 특성에 대해서는 137 페이지의 "측정 노이즈 제거"를 참조하십시오.

자기 루프(Magnetic Loop)가 초래하는 노이즈

자기장 근처에서 측정할 경우 측정 연결에 전압이 유도되는 것을 피할 수 있도록 주의해야 합니다. 반드시 큰 전류가 흐르는 도체 근처에서 작업 할 때에는 주의를 기울여야 합니다. 멀티미터를 연선으로 연결하여 노이즈 픽업 루프 영역을 줄이거나 테스트 리드를 최대한 밀착시켜야 합니다. 풀려 있거나 훈들리는 테스트 리드도 오차 전압을 유도합니다. 자기장 근처에서 작업을 할 경우에는 테스트 리드를 단단히 고정시켜야 합니다. 가능하다면 자기 차폐물을 이용하거나 자기원으로부터 보다 멀리 떨어집니다.

접지 루프가 초래하는 노이즈

멀티미터와 DUT가 모두 공통 접지를 기준으로 하고 있는 회로에서 전압을 측정할 경우 접지 루프가 형성됩니다. 아래서 보는 바와 같이 두 접지 기준점(V_{ground}) 간 전압에 차이가 있으면 측정 리드를 통해 전류가 흐르게 됩니다. 그러면 노이즈 및 오프셋 전압(보통 전원선과 관련함)이 발생하고 이들이 측정 전압에 더해집니다.



R_L = Lead Resistance

R_i = Multimeter Isolation Resistance

V_{ground} = Voltage Drop on Ground Bus

접지 루프를 없애는 가장 좋은 방법은 입력 터미널을 접지하지 않음으로써 멀티미터를 접지와 분리하는 것입니다. 멀티미터를 반드시 접지해야 한다면 멀티미터와 DUT를 동일한 공통 접지점에 연결합니다. 또한 가능한 경우 멀티미터와 DUT를 동일한 전기 콘센트에 연결합니다.

저항 측정 시 고려사항

저항 측정 시 입력 HI터미널에서 측정하고 있는 저항기로 테스트 전류가 흐릅니다. 측정하는 저항기 양단에 걸친 전압 강하를 멀티미터 내부에서 감지합니다. 따라서 테스트 리드 저항도 측정됩니다.

DC 전압 측정에 대해 이 장 앞부분에서 언급한 오차들은 저항 측정에도 해당합니다. 여기서는 저항 측정 고유의 기타 오류원에 대해 논의합니다.

테스트 리드 저항 오차 제거

2와이어 옴 측정 시 테스트 리드 저항과 관련한 오프셋 오차를 없애려면 다음 절차를 따릅니다.

1 테스트 리드의 양 끝을 서로 연결합니다. 멀티미터에 테스트 리드 저항이 표시됩니다.

2  을 누릅니다. 멀티미터가 테스트 리드 저항을 2와이어 옴 Null 값으로 저장하고 그 값을 다음 측정값에서 뺍니다.

전력 소모 효과 줄이기

온도 측정용 저항기(또는 온도 계수가 큰 기타 저항 장치)를 측정할 경우 멀티미터가 DUT의 전력을 어느 정도 소모한다는 것을 명심합니다.

전력 소모가 문제일 경우 그 다음으로 높은 멀티미터의 측정 범위를 선택하여 오차를 허용 가능한 수준으로 낮추어야 합니다. 다음 표에 몇 가지 예가 나와있습니다.

범위	테스트 전류	DUT 최대 전력
100 Ω	1mA	100 μW
1kΩ	0.83mA	689 μW
10kΩ	100 μA	100 μW
100kΩ	10 μA	10 μW
1MΩ	900nA	810nW
10MΩ	205nA	420nW
100MΩ	205nA 10MΩ	35nW

고저항 측정 오차

높은 저항을 측정할 경우 절연 저항 및 표면 청정도로 인해 큰 오차가 생길 수 있습니다. 따라서 "깨끗한" 고저항 시스템을 유지하기 위해 필요한 예방 조치를 취해야 합니다. 테스트 리드와 픽스쳐는 절연재나 "더러운" 표면 막에 수분이 흡수되는 것으로 인해 누수가 발생할 가능성이 높습니다. 나일론이나 PVC($10^9 \Omega$)는 PTFE(테플론) ($10^{13} \Omega$)에 비해 질이 떨어지는 절연체입니다. 나일론이나 PVC 절연체로부터의 누수는 습한 조건에서 $1M\Omega$ 저항을 측정할 때 금방 0.1% 오차를 일으킬 수 있습니다.

AC 측정

각각의 ACV 또는 ACI 측정 값은 일정한 샘플 간 타이밍으로 얻은 순차적 A/D 컨버터 샘플 25개로 계산한 RMS(Root-Mean-Square) 값을 기준으로 계산합니다. 아래서 보는 바와 같이 샘플은 A/D 컨버터의 최고 트리거-안착 속도에 매우 가까운 속도로 얻게 됩니다.

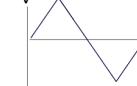
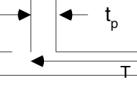
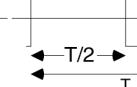
멀티미터는 ACV나 ACI 측정용으로 구성한 경우 설정해 놓은 AC 판독률을 구성하는 순차적 샘플 25개를 얻습니다. 최종 AC 판독 결과는 아래 방정식을 이용하여 수집한 데이터 세트로 계산합니다.

$$\text{AC Reading} = \sqrt{\text{Average [Data (1:25)]}^2}$$

True RMS AC 측정

Agilent 34405A와 같은 True RMS 반응 멀티미터는 적용 전압의 "열" 가능성을 측정합니다. 저항기에서 소모되는 전력은 신호의 파형과는 상관 없이 적용 전압의 제곱에 비례합니다. 이 멀티미터는 파형에 계측기의 유효 대역폭을 초과하기는 하지만 무시해도 괜찮을 만큼의 에너지가 포함되어 있는 한 True RMS 전압 또는 전류를 정확하게 측정합니다.

34405A는 동일한 기법으로 True RMS 전압과 True RMS 전류를 측정합니다.

Waveform Shape	Crest Factor	AC RMS	AC + DC RMS
	$\sqrt{2}$	$\frac{V}{\sqrt{2}}$	$\frac{V}{\sqrt{2}}$
	$\sqrt{3}$	$\frac{V}{\sqrt{3}}$	$\frac{V}{\sqrt{3}}$
	$\sqrt{\frac{T}{t_p}}$	$\frac{V}{CF} \times \sqrt{1 - \frac{1}{CF^2}}$	$\frac{V}{CF}$
	1	V	V

멀티미터의 AC 전압 및 AC 전류 기능은 AC 커플링 True RMS 값을 측정합니다. 이 애질런트 계측기에서는 입력 파형의 AC 성분의 "발열 값"만을 측정합니다 (DC 제외). 위 그림에서 보는 바와 같이, 정현파, 삼각파, 구형파의 경우 이 파형에 DC 오프셋이 들어있지 않으므로 AC 커플링과 AC+DC 값이 동일합니다. 하지만 펄스열과 같은 비대칭 파형의 경우에는 DC 전압 성분이 있는데 애질런트의 AC 커플링 True RMS 측정에서는 이 성분이 제외됩니다. 이러한 점이 큰 장점이 될 수 있습니다.

DC 오프셋이 클 때 소형 AC 신호를 측정하려면 AC 커플링 True RMS 측정이 바람직합니다. 예를 들어, DC 전원 공급기에 있는 AC 리플을 측정할 경우 이러한 상황이 일반적입니다. 하지만 AC+DC True RMS 값을 알아야 할 경우도 있습니다. 아래서 보는 바와 같이 DC 및 AC 측정 결과를 둘어 이 값을 알아낼 수 있습니다.

$$ac + dc = \sqrt{ac^2 + dc^2}$$

최고의 AC 노이즈 제거율을 위해 5½ 디지트에서 DC 측정을 수행하는 것이 좋습니다.

True RMS 정확도 및 고주파 신호 성분

일반적으로 "AC 멀티미터가 True RMS이므로 정현파 정확도 사양이 모든 파형에 적용된다"고 잘못 생각하고 있습니다. 실제, 입력 신호의 모양은 측정 정확도에 큰 영향을 미치는데, 멀티미터의 경우 특히 입력 신호에 계측기 대역폭을 초과하는 고주파 성분이 포함되어 있을 경우에 그려합니다. 멀티미터의 대역폭을 초과하는 주파수에서 큰 입력 신호 에너지가 있을 때 RMS 측정 시 오차가 발생합니다.

고주파(대역 초과) 오차 계산

신호 파형을 설명하는 일반적인 방법은 "파고율"을 말하는 것입니다. 파고율은 파형의 RMS 값에 대한 최대값의 비입니다. 예를 들어 펄스열의 경우 파고율은 대략적으로 듀티 사이클의 역의 제곱근과 같습니다.

$$CF = \frac{1}{\sqrt{d}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{t_p}{T}}} = \frac{1}{\sqrt{prf \times t_p}}$$

파고율은 펄스 폭 및 반복 주파수에 따른 복합 파라미터이므로 파고율만으로 신호의 주파수 성분의 특징을 말하기에는 충분치 않습니다.

보통 DMM에는 모든 주파수에서 적용되는 파고율 경감표가 들어 있습니다. 34405A 멀티미터에서 사용하는 측정 알고리즘은 본질적으로 파고율에 민감하지 않으므로 그와 같은 경감은 필요하지 않습니다. 이 멀티미터의 경우 이전 단원에서 설명한 대로 주안점을 두어야 할 사항은 멀티미터의 대역폭을 초과하는 고주파 신호 성분입니다.

주기적인 신호의 경우 파고율과 반복률의 조합이 고주파 성분 및 관련 측정 오차의 양을 말해줄 수 있습니다. 단순한 펄스의 첫번째 제로 교차는 다음 식으로 구합니다.

$$f_1 = \frac{1}{t_p}$$

이 교차가 파고율 함수로서 어디서 발생하는지를 파악함으로써 해당 고주파 성분에 대한 즉각적인 인상을 받을 수 있습니다. $f_1 = CF^2 \cdot prf$

아래 표에서는 입력 펄스 주파수 함수로서 다양한 펄스 파형의 일반적인 오차를 보여줍니다.

CF=3, 5 또는 10인 구형파, 삼각파 및 펄스열의 일반적인 오차					
prf	구형파	삼각파	CF=3	CF=5	CF=10
200	-0.02%	0.00%	-0.04%	-0.09%	-0.34%
1000	-0.07%	0.00%	-0.18%	-0.44%	-1.71%
2000	-0.14%	0.00%	-0.34%	-0.88%	-3.52%
5000	-0.34%	0.00%	-0.84%	-2.29%	-8.34%
10000	-0.68%	0.00%	-1.75%	-4.94%	-26.00%
20000	-1.28%	0.00%	-3.07%	-8.20%	-45.70%
50000	-3.41%	-0.04%	-6.75%	-32.0%	-65.30%
100000	-5.10%	-0.12%	-21.8%	-50.6%	-75.40%

이 표에서는 각 파형의 기타 오차를 보여주며, 이 오차는 "사양" 장에서 설명할 정확도 표의 값에 더해지게 됩니다.

예 : 레벨 $1V_{rms}$ 인 펄스열은 $1V$ 범위에서 측정합니다. 펄스 높이는 $3V$ (즉, 파고율=3)이고 지속시간은 $111\mu s$ 입니다. prf는 아래 식을 이용하여 $1000Hz$ 의 것을 알 수 있습니다.

$$prf = \frac{1}{CF^2 \times t_p}$$

따라서 위 표에서 볼 때 이 AC 파형은 추가 오차가 0.18%라는 것을 알 수 있습니다.

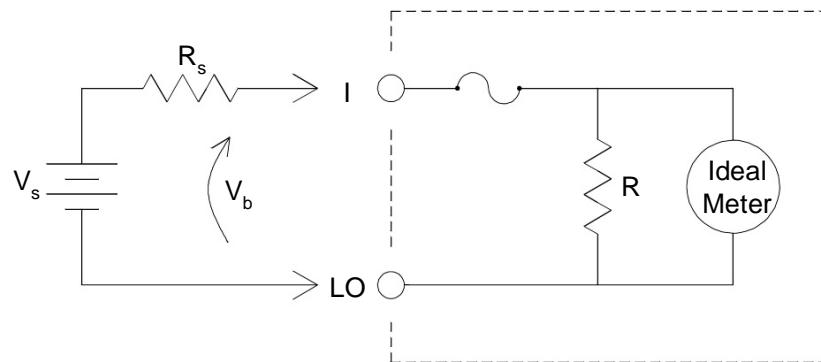
기타 주요 측정 기능

주파수 측정 오차

멀티미터는 역계수기법(Reciprocal Counting Technique)을 사용하여 주파수를 측정합니다. 이 방법을 사용하면 어떤 입력 주파수에서도 측정 분해능이 일정합니다. 주파수 카운터는 모두 저전압, 저주파 신호를 측정할 경우 오차가 발생하기 쉽습니다. "느린" 신호 측정 시 내부 노이즈 및 외부 노이즈 핵심 모두의 영향은 절대적입니다. 오차는 주파수에 반비례합니다. DC 오프셋 전압 변경 후 입력 주파수를 측정 하려고 할 경우에도 측정 오차가 발생합니다. 주파수 측정에 앞서 멀티미터의 입력이 충분히 안정되도록 해야 합니다.

DC 전류 측정

멀티미터를 테스트 회로와 직렬로 연결하여 전류를 측정할 경우 측정 오차가 생깁니다. 이 오차는 멀티미터의 직렬 부담 전압 때문에 생깁니다. 아래서 보는 바와 같이 멀티미터의 배선 저항 및 전류 분로 저항 전체에 전압이 발생합니다.



V_s = Source Voltage

R_s = DUT Source Resistance

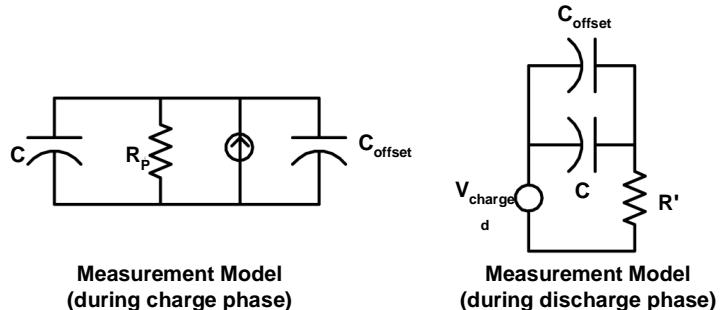
V_b = Multimeter Burden Voltage

R = Multimeter Current Shunt

$$\text{Error (\%)} = \frac{-100\% \times V_b}{V_s}$$

캐패시턴스 측정

멀티미터는 아래서 보는 바와 같이 캐패시터에 파악한 전류를 적용함으로써 캐패시턴스 측정을 구현합니다.



"짧은 개구면(short aperture)" 시간(Δt)에 걸쳐 발생하는 전압의 변화(ΔV)를 측정함으로써 캐패시턴스를 계산합니다. 측정 주기는 두 부분으로 구성됩니다. 충전 단계와 방전 단계가 그것입니다.

멀티미터로 측정한 캐패시턴스와 손실 저항 값은 LCR 미터기를 사용하여 측정한 값과 다를 수도 있습니다. 이는 본질적으로 DC 측정 방법인 반면 LCR 측정에서는 100Hz에서부터 100kHz에 이르기까지 적용 주파수를 사용하기 때문입니다. 대부분의 경우에 있어서 이 둘 중 어느 방법도 정확한 적용 주파수에서 캐패시터를 측정하지 않습니다.

정확도를 극대화하려면 측정할 캐패시터 전체에 걸쳐 프로브를 연결하기 전에 개방형 프로브로 영점 측정을 하여 테스트 리드 캐패시턴스를 없애야 합니다.

온도 측정

멀티미터는 $5\text{k}\Omega$ 서미스터의 온도에 민감한 저항을 측정함으로써 온도를 측정합니다.

서미스터는 반도체 물체로 이루어져 있으며 감도가 RTD의 약 10배에 이릅니다. 서미스터는 반도체이므로 온도 범위가 보통 $-80\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 좀 더 제한됩니다. 서미스터의 온도-저항 관계는 단순한 1차 함수 관계가 아닙니다. 따라서 변환 알고리즘이 좀 더 복잡합니다. 애질런트의 멀티미터는 Hart-Steinhart 근사법을 이용하여 정확하게 변환합니다.

기타 측정 오류원

부하 오차(AC 전압)

AC 전압 기능에서 멀티미터의 입력은 100pF 캐패시턴스와 병렬로 $1M\Omega$ 저항으로 나타납니다. 멀티미터에 신호를 연결하는 데 사용하는 케이블도 캐패시턴스와 부하를 더합니다.

저주파수의 경우 부하 오차는 다음과 같습니다.

$$\text{Error (\%)} = \frac{-100 \times R_s}{R_s + 1 M\Omega}$$

고주파수의 경우 추가적인 부하 오차는 다음과 같습니다.

$$\text{Error (\%)} = 100 \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi F \times R_s \times C_{in})^2}} - 1 \right]$$

R_s = Source Resistance

F = Input Frequency

C_{in} = Input Capacitance (100 pF) Plus Cable Capacitance

풀 스케일 미만의 측정

멀티미터가 선택한 범위의 풀 스케일이거나 그에 가까울 때 가장 정확한 AC 측정을 할 수 있습니다. 풀 스케일의 10%(하한값) 및 120%(상한값)에서 자동 범위 조정이 이루어집니다. 이를 통해 어느 한 범위에서는 풀 스케일에서 그리고 그 다음 높은 범위에서는 풀 스케일의 10%에서 일정 입력을 측정할 수 있습니다. 일반적으로 범위가 낮을수록 정확도가 좋아집니다. 따라서 가장 높은 정확도를 얻으려면 해당 측정 시 최대한 낮은 수동 범위를 선택합니다.

고전압 자기 발열 오차

$300V_{rms}$ 가 넘는 값을 적용할 경우 멀티미터의 내부 시그널 컨디셔닝 성분에서 자기 발열이 발생합니다. 이 오차는 멀티미터의 사양에 포함되어 있습니다.

자기 발열로 인한 멀티미터 내부의 온도 변화는 기타 AC 전압 범위에서 추가로 오차를 초래할 수 있습니다.

AC 전류 측정 오차(부담 전압)

DC 전류에 적용되는 부담 전압 오차는 AC 전류 측정에도 적용됩니다. 하지만 멀티미터의 직렬 인덕턴스와 측정 연결로 인해 AC 전류의 부담 전압이 더 큽니다. 입력 주파수가 높을수록 부담 전압이 큽니다. 멀티미터의 직렬 인덕턴스와 측정 연결로 인해 전류 측정 시 진동하는 회로도 있습니다.

로우레벨 측정 오차

100mV 미만인 AC 전압을 측정할 경우 외부 노이즈원이 초래하는 오차가 발생할 확률이 특히 높다는 사실을 명심합니다. 노출된 테스트 리드는 안테나 역할을 하므로 제대로 작동하는 멀티미터가 수신 신호를 측정합니다. 전원선을 포함하여 전체 측정 경로가 루프 안테나 역할을 합니다. 루프에 전류가 흐르면 멀티미터의 입력과 직렬로 되어 있는 임피던스 전체에 오차 전압이 생깁니다. 따라서 차폐 케이블을 통해 멀티미터에 로우 레벨 AC 전압을 적용하는 것이 좋습니다. 쉴드(Shield)를 입력 LO 단자에 연결해야 합니다.

가능하다면 멀티미터와 AC 전원을 동일한 전기 콘센트에 연결합니다. 피할 수 없는 접지 루프 영역도 줄이는 것이 좋습니다. 임피던스가 높을수록 노이즈 핵심이 발생할 확률이 높습니다. 캐패시터를 멀티미터의 입력 단자와 병렬로 설치함으로써 소스의 고주파 임피던스를 줄일 수 있습니다. 어플리케이션의 올바른 캐패시터 값을 파악하기 위해 실험을 해야 하는 경우도 있습니다.

외부 노이즈는 대부분 입력 신호와 상관 관계가 없습니다. 다음과 같이 오차를 계산 할 수 있습니다.

$$\text{Voltage Measured} = \sqrt{V_{in}^2 + \text{Noise}^2}$$

드물기는 하지만 상관 관계가 있는 노이즈는 특히 유해합니다. 상관 관계가 있는 노이즈는 항상 입력 신호에 직접 더해집니다. 로컬 전원선과 주파수가 동일한 로우 레벨 신호를 측정하는 것이 이러한 오차가 발생하기 쉬운 일반적인 경우입니다.

4

성능 테스트 및 교정

이 장에서는 성능 테스트 절차 및 교정 절차를 설명합니다. 성능 테스트 절차를 통해 멀티미터가 정해진 사양 내에서 작동하고 있는지를 확인할 수 있습니다.

교정 절차에서는 멀티미터의 영점 및 개인 조절 방법을 보여줍니다.

교정 개요	68
권장 테스트 장비	70
테스트 시 고려 사항	71
성능 검증 테스트 개요	73
성능 검증 테스트	75
교정 보안	87
교정 절차	90
조절	93
교정 오류	110

경고

정전 위험. 위험을 잘 알고 있고 서비스 교육을 받은 직원만 이 장에서 설명하는 절차를 수행해야 합니다. 정전 및 부상을 방지 하려면 테스트 장비 안전 지침을 모두 읽고 준수해야 합니다.

테스트 전압과의 접촉을 방지하는 커넥터가 있는 완전 전기 절연 테스트 리드 세트만 사용합니다.



교정 개요

참 고

계측기를 교정하기 전에 71 페이지의 "테스트 시 고려 사항"을 읽어 봄야 합니다.

덮개를 닫은 상태에서의 전자 교정

계측기는 덮개를 닫은 상태에서 전자 교정을 할 수 있다는 특징이 있습니다. 내부의 기계적 조절이 필요하지 않습니다. 계측기는 설정해 놓은 입력 기준 값을 기준으로 보정 계수를 계산합니다. 새 보정 계수는 다음 교정 조절을 수행할 때까지 비휘발성 메모리에 저장됩니다. 비휘발성 EEPROM 교정 메모리는 전원을 끌 때나 원격 인터페이스를 리셋한 후에도 변하지 않습니다.

애질런트테크놀로지스 교정 서비스

계측기를 교정해야 할 경우에는 가까운 애질런트 서비스 센터로 문의하여 저렴하게 재교정 서비스를 받으시기 바랍니다. 34405A는 자동 교정 시스템에서 지원하므로 이를 통해 애질런트는 경쟁력 있는 가격으로 교정 서비스를 제공할 수 있습니다.

교정 주기

어플리케이션 대부분의 경우 1년 주기가 적당합니다. 조절이 정기적인 교정 주기로 이루어진 경우에만 정확도 사양을 보장합니다. 1년 교정 주기를 넘으면 정확도 사양을 보장할 수 없습니다. 어떠한 어플리케이션에 대해서도 교정 주기가 2년을 넘으면 좋지 않습니다.

교정 소요 시간

34405A는 컴퓨터 제어 하에 자동으로 교정됩니다. 컴퓨터 제어로 전체 교정 절차 및 성능 검증 테스트를 계측기 예열 후 30분 이내에 마칠 수 있습니다(71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 참조). 자세한 사항은 *34405A Programmer's Reference* 온라인 도움말을 참조하십시오.

권장 테스트 장비

성능 검증 및 조절 절차에 권장되는 테스트 장비가 아래 적혀있습니다. 해당 계측기를 사용할 수 없는 경우에는 정확도가 같은 교정 표준으로 대체합니다.

제안하는 대체 방법에서는 Agilent 3458 8 ½ 디지트 디지털 멀티미터를 사용하여 정확도는 떨어지지만 안정적인 소스를 측정할 수도 있습니다. 해당 소스로부터 측정한 출력 값은 목표 교정 값으로 계측기에 입력할 수 있습니다.

표 3 권장 테스트 장비

어플리케이션	권장 장비	권장 정확도 요구사항
영점 교정	전원차단 플러그--두 단자 사이에 동선 단락이 있는 듀얼 바나나 플러그	
DC 전압	Fluke 5520A	<1/5 계측기 1년 사양
DC 전류	Fluke 5520A	<1/5 계측기 1년 사양
저항	Fluke 5520A	<1/5 계측기 1년 사양
AC 전압	Fluke 5520A	<1/5 계측기 1년 사양
AC 전류	Fluke 5520A	<1/5 계측기 1년 사양
주파수	Fluke 5520A	<1/5 계측기 1년 사양
캐패시턴스	Fluke 5520A	<1/5 계측기 1년 사양

테스트 시 고려사항

자가 테스트 중 입력 리드에 AC 신호가 있으면 오차가 발생할 수 있습니다. 긴 테스트 리드도 안테나 역할을 하므로 AC 신호 핀업을 초래할 수 있습니다.

최적의 성능을 위해 모든 절차는 다음 권장 사항을 준수해야 합니다.

- 교정 주변 온도가 18°C 와 28°C 사이로 안정적이도록 합니다. 이상적인 것은 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 교정을 수행하는 것이 좋습니다.
- 주변 상대 습도가 80% 미만이어야 합니다.
- 단락 플러그를 HI 및 LO 입력 단자에 연결되어 있을 경우 1시간 동안 예열이 되도록 합니다.
- 테플론 절연 차폐 연선을 사용하여 안정화 및 노이즈 오차를 줄입니다. 입력 케이블은 가능한 한 짧은 것이 좋습니다.
- 입력 케이블 실드를 접지에 연결합니다. 절차에서 따라 지시한 사항을 제외하고는 교정기 LO 소스를 교정기의 접지에 연결합니다. LO를 회로에 있는 접지 단 한 곳과 연결해야 접지 루프를 피할 수 있습니다.

계측기는 매우 정확한 측정이 가능하므로 사용하는 교정 표준 및 테스트 절차가 추가 오차를 유발하지 않도록 특별한 주의를 기울여야 합니다. 이상적인 것으로, 계측기를 검증하고 조절하는데 사용하는 표준은 각 계측기 범위 폴 스케일 오차 사양보다 자리수가 더 정확해야 합니다.

DC 전압, DC 전류, 저항 개인 검증 측정 시 교정기의 "0" 출력이 정확해야 합니다. 검증하고 있는 측정 기능의 각 범위에 대한 오프셋을 설정해야 할 것입니다.

입력 연결

저열 오피셋 측정 시 두 단자 사이에 동선 단락이 있는 듀얼 바나나 플러그를 사용하면 계측기의 테스트 연결이 가장 좋습니다. 교정기와 멀티미터 간에는 태플론 차폐 연선을 최대한 짧게 사용하는 것이 좋습니다. 케이블 실드는 접지해야 합니다. 교정 중 최적의 노이즈 및 안정화 시간 성능이 필요한 경우에 권장됩니다.

성능 검증 테스트 개요

성능 검증 테스트를 통해 계측기의 측정 성능을 검증할 수 있습니다. 성능 검증 테스트에는 **6장**, "사양"에 적혀 있는 계측기 사양을 이용합니다.

네 가지 수준의 성능 검증 테스트를 수행할 수 있습니다.

자가 테스트 일련의 내부 검증 테스트로 계측기가 작동하는지에 대해 확인할 수 있습니다.

빠른 검증 내부 자가 테스트 및 선택한 검증 테스트의 조합.

성능 검증 테스트 광범위한 테스트로 처음 계측기를 받을 때 또는 조절 후 인수시험으로 권장됩니다.

검증 테스트 옵션 매 교정 시마다 수행하지는 않는 테스트 계측기의 추가 사양이나 기능을 검증하려면 이 테스트를 수행합니다.

자가 테스트

- 계측기를 켰 때마다 간단한 POST(power-on self-test)가 자동 실행됩니다. 이 제한 테스트로는 계측기 작동 가능 여부를 확인 합니다.
- 자가 테스트 중 디스플레이와 표시부 모든 곳에 불이 들어옵니다.
- 자가 테스트 실패 시 전면 패널에 오류가 보고됩니다. 원격 인터페이스에서 **SYSTem: ERror?** 명령 조회를 이용할 수도 있습니다. 우리가 필요하다면 애질런트 서비스 센터로 문의하시기 바랍니다.
- 모든 테스트에 통과하면 계측기 작동 가능성은 매우 높아집니다
(최고 90%).

- 계측기에 *TST? 명령을 보내 보다 완전한 자가 테스트를 시작 할 수 있습니다. 이 명령은 자가 테스트 통과 시 "+0"을, 실패 시 "+1"을 각각 반환합니다. 이 명령을 수행하는 데 최고 30초 까지 소요될 수 있습니다. 적절한 인터페이스 시간 초과 값을 설정해야 하는 경우도 있습니다.

빠른 성능 점검

빠른 성능 점검은 내부 자가 테스트와 짧은 성능 테스트(성능 검증 테스트에 문자 **Q**로 지정)를 조합한 것입니다. 이 테스트는 계측기가 제대로 작동하고 사양에 부합하는지에 대한 큰 확신을 가질 수 있는 간단한 방법을 제공합니다. 이 테스트는 서비스 활동 후 권장되는

절대적으로 최소한의 성능 점검입니다. 빠른 점검 사항(**Q**로 지정)에 대해 계측기 성능을 감사하면 "정상적인" 정확도 드리프트 매커니

즘에 대한 성능을 검증할 수 있습니다. 이 테스트는 비정상적인 부품 오류에 대해서는 점검하지 않습니다.

빠른 성능 점검을 수행하려면 다음과 같이 합니다.

- 이전 단원에서 설명한 대로 자가 테스트를 수행합니다.
- 다음 표에서 문자 **Q**로 표시되어 있는 성능 검증 테스트만을 수행합니다.

계측기가 빠른 성능 점검에 실패할 경우 조절 또는 수리가 요구됩니다.

성능 검증 테스트

계측기를 처음 받으면 인수시험으로 성능 검증 테스트가 권장됩니다. 인수시험 결과를 1년 테스트 제한사항을 기준으로 비교해야 합니다. 인수 후 매 교정마다 성능 검증 테스트를 재차 실시해야 합니다.

계측기가 성능 검증에 실패할 경우 조절 또는 수리가 요구됩니다. 매 교정마다 조절이 권장됩니다. 조절이 이루어지지 않으면 검증 제한으로 사양의 80% 이하를 기준으로 "분리 대역"을 구축해야 합니다.

참 고

성능 검증 테스트를 수행하기 전에 71 페이지의 "[테스트 시 고려사항](#)"을 읽어봐야 합니다.

제로 오프셋 검증

이 테스트는 계측기의 제로 오프셋 성능을 점검하는 데 이용합니다. 이 기능 및 오프셋 교정 상수가 고유한 범위에 대해서는 검증 점검만 수행합니다. 다음 페이지에 있는 절차에서 설명하는 바와 같이 각 기능 및 범위에 대해 측정을 점검합니다.

제로 오프셋 검증 테스트

- 1** HI 및 LO 입력 단자에 전원차단 플러그를 연결합니다 (72 페이지의 "[입력 연결](#)" 참조). 전류 입력은 개방된 상태로 놔둡니다.
- 2** 아래 표에 있는 순서대로 각 기능 및 범위를 선택합니다. 측정을 하고 결과를 지켜봅니다. 측정 결과를 아래 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다(표가 다음 페이지로 이어짐).

참 고

저항 측정 시 Null 수학 기능(테스트 리드를 서로 연결한 채 수행한 Null 판독)으로 테스트 리드 저항을 없앱니다.

표 4 제로 오프셋 검증 테스트

입력	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
개방	DC 전류	10mA	0	±1.5µA
개방		100mA		±5 µA
개방		1A		±70µA
개방		10A		±0.7mA
개방	캐패시턴스	1nF		±8pF
개방		10nF		±0.05nF
개방		100nF		±0.5nF
개방		1µF		±5nF
개방		10µF		±0.05µF
개방		100µF		±0.5µF
개방		1000µF		±5µF
개방		10000µF		±0.05mF
단락	DC 전압	100mV		±5µV
단락		1V	0	±50µV
단락		10V		±0.5mV
단락		100V		±5mV
단락		1000V		±50mV

표 4 제로 오프셋 검증 테스트

입력	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
단락	2와이어 옴	100 Ω		±8mΩ [2]
단락		1kΩ		±50mΩ [2]
단락		10kΩ	0	±600mΩ [2]
단락		100kΩ		±7 Ω
단락		1MΩ		±70 Ω
단락		10MΩ		±500 Ω
단락		100MΩ		±5kΩ

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

[2] Null 수학 기능을 선택하여 리드 저항을 제거하기 위한 2와이어 옴 기능에 대한 사양입니다. Null0이 없으면 0.2 Ω 추가 오차가 생깁니다.

Q = 빠른 성능 검증 테스트 사용

개인 검증

이 테스트는 계측기의 풀 스케일 판독 정확도를 점검합니다.
이 기능 및 개인 교정 상수가 고유한 범위에 대해서만 검증 점검
을
수행합니다.

DC 전압 개인 검증 테스트

- 1 전면 패널 HI 및 LO 입력 단자에 교정기를 연결합니다.
- 2 아래 표에 있는 순서대로 각 기능 및 범위를 선택합니다.
아래 표에 있는 대로 입력을 공급합니다.
- 3 측정을 하고 결과를 지켜봅니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다. (Fluke 5520A를 사용할 경우에는 충분히 전원이 안정되도록 해야 합니다.)

표 5 DC 전압 개인 검증 테스트

입력	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
100mV	DC 전압	100mV		±30 µV
-100mV		100mV		±30µV
1V		1V	Q	±0.3mV
-1V		1V		±0.3mV
10V		10V		±3.0mV
100V		100V	Q	±30mV
1,000V		1000V		±0.3V

주의 사항: 교정기를 멀티미터 입력 단자에서 분리하기 전 교정기 출력을 **0V**로 설정합니다.

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

Q = 빠른 성능 검증 테스트 사용

DC 전류 개인 검증 테스트

- 1** 전면 패널 HI 및 LO 입력 단자에 교정기를 연결합니다.
- 2** 아래 표에 있는 순서대로 각 기능 및 범위를 선택합니다.
아래 표에 있는 대로 입력을 공급합니다.
- 3** 측정을 하고 결과를 지켜봅니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다. (Fluke 5520A를 사용할 경우에는 충분히 전원이 안정되도록 해야 합니다.)

표 6 DC 전류 개인 검증 테스트

입력	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
10mA	DC 전류	10mA	0	± 6.5µA
100mA		100mA		± 55µA
1A		1 A	0	± 2.07mA
주의 사항: 10A 를 적용하기 전에 멀티미터의 12A 및 LO 단자에 교정기를 연결합니다.				
10A		10 A		± 25.7mA

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

Q = 빠른 성능 검증 테스트 사항

저항 개인 검증 테스트

구성: 2와이어 옴(CONFigure:RESistance)

- 1 저항 기능을 선택합니다.
- 2 아래 나와 있는 순서대로 각 범위를 선택합니다. 정해진 저항 값을 공급합니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한 사항과 비교합니다. (전원이 충분히 안정될 수 있도록 합니다.)

표 7 저항 개인 검증 테스트

입력	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
1 Ω	2와이어 옴	100 Ω		±58mΩ [2]
1kΩ		1kΩ	Q	±550mΩ [2]
10kΩ		10kΩ		±5.6 Ω [2]
100kΩ		100kΩ		±57 Ω
1MΩ		1MΩ		±670 Ω
10MΩ		10MΩ	Q	±25.5kΩ
100MΩ		100MΩ		±2.005MΩ

[1] 5% 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

[2] Null 수학 기능을 선택하여 리드 저항을 제거하기 위한 2와이어 옴 기능에 대한 사양입니다. Null이 없으면 0.2 Ω 추가 오차가 생깁니다.

Q = 빠른 성능 검증 테스트 사용

주파수 개인 검증 테스트

구성: 주파수(CONFigure:FREQuency)

- 1 주파수 기능을 선택합니다.
- 2 아래 나와 있는 순서대로 각 범위를 선택합니다. 정해진 입력 전압과 주파수를 공급합니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다. (전원이 충분히 안정될 수 있도록 합니다.)

표 8 주파수 개인 검증 테스트

전압	입력 주파수	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
200mVrms	1kHz	주파수	100mV	0	±0.23Hz
200mVrms	10kHz		100mV		±2.3Hz

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

Q = 빠른 성능 검증 테스트 사항

AC 전압 검증 테스트

구성: AC 전압(Configure[:VOLTage]:AC)

- 1 AC 전압 기능을 선택합니다.
- 2 아래 나와 있는 순서대로 각 범위를 선택합니다. 정해진 입력 전압과 주파수를 공급합니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다. (전원이 충분히 안정될 수 있도록 합니다.)

표 9 AC 전압 검증 테스트

Vrms	입력 주파수	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
100mV	1kHz	AC 전압	100mV		± 0.3mV
100mV	30kHz		100mV		± 1.8mV
100mV	100kHz		100mV		± 5.3mV
1V	1kHz		1V	Q	± 3.0mV
1V	30kHz		1V		± 11mV
1V	100kHz		1V		± 32mV
10V	45Hz		10V		± 110mV
10V	1kHz		10V		± 30mV
10V	30kHz		10V	Q	± 0.11V
10V	100kHz		10V		± 0.32V
100V	1kHz		100V	Q	± 0.3 V
100V	30kHz		100V		± 1.1V
100V	100kHz		100V		± 3.2V
750V	1kHz		750V		± 2.25V

주의 사항: 교정 기기를 멀티미터 입력 단자에서 분리하기 전 교정기 출력을 **0V**로 설정합니다.

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

Q = 빠른 성능 검증 테스트 사용

AC 전류 검증 테스트

구성: AC 전류(CONFigure:CURRent:AC)

- 1 AC 전류 기능을 선택합니다.
- 2 아래 나와 있는 순서대로 각 범위를 선택합니다. 정해진 입력 전류와 주파수를 공급합니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다. (전원이 충분히 안정될 수 있도록 합니다.)

표 10 AC 전류 검증 테스트

전류	입력 주파수	기능 ^[1]	범위	빠른 점검	연간 오차
10mA	1kHz	AC 전류	10mA	0	± 60µA
10mA	10kHz		10mA		± 220µA
100mA	1kHz		100mA		± 600µA
100mA	10kHz		100mA		± 2.2mA
1A	1kHz		1A		± 6mA
1A	5kHz		1A		± 22mA
주의 사항: 10A를 적용하기 전에 멀티미터의 12A 및 L0 단자에 교정기를 연결합니다.					
10A	1kHz		10A		± 60mA
10A	5kHz		10A		± 0.22A

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

Q = 빠른 성능 검증 테스트 사용

AC 전압 성능 검증 테스트(옵션)

구성: AC 전압(CONFigure[:VOLTage]:AC)

- 1 AC 전압 기능을 선택합니다.
- 2 아래 나와 있는 순서대로 각 범위를 선택합니다. 정해진 입력 전압과 주파수를 공급합니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다. (전원이 충분히 안정될 수 있도록 합니다.)

표 11 AC 전압 성능 검증 테스트(옵션)

Vrms	입력 주파수	기능 ^[1]	범위	연간 오차
1V	45Hz	AC 전압	1V	±11mV
1V	1kHz		1V	±3mV
1V	10kHz		1V	±3mV
1V	30kHz		1V	±11mV
1V	100kHz		1V	±32mV
10V	1kHz		10V	±30mV
1V	1kHz		10V	±12mV
0.1V	1kHz		10V	±10.2mV

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

AC 전류 성능 검증 테스트(옵션)

구성: AC 전류(CONFigure:CURRent:AC)

- 1 AC 전류 기능을 선택합니다.
- 2 아래 나와 있는 순서대로 각 범위를 선택합니다. 정해진 입력 전압과 주파수를 공급합니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한사항과 비교합니다. (전원이 충분히 안정될 수 있도록 합니다.)

표 12 AC 전류 성능 검증 테스트(옵션)

전류	입력 주파수	기능 ^[1]	범위	연간 오차
10mA	20Hz	AC 전류	10mA	± 0.16mA
10mA	45Hz		10mA	± 0.16mA
10mA	1kHz		10mA	± 60µA
10mA	10kHz		10mA	± 0.22mA
1A	1kHz		1A	± 6mA
100mA	1kHz		1A	± 1.5mA
10mA	1kHz		1A	± 1.05mA

[1] 5½ 디지트 측정 분해능을 선택합니다.

캐패시턴스 성능 검증 테스트(옵션)

구성: 캐패시턴스(CONFigure:CAPacitance)

- 1 캐패시턴스 기능을 선택합니다.
- 2 아래 나와 있는 순서대로 각 범위를 선택합니다. 정해진 입력 전압과 주파수를 공급합니다. 측정 결과를 표에 있는 해당 테스트 제한 사항과 비교합니다. (전원이 충분히 안정될 수 있도록 합니다.)

표 13 캐패시턴스 성능 검증 테스트(옵션)

입력 캐패시턴스	범위	기능 ^[1]	연간 오차
1nF	1nF	캐패시턴스	± 28pF
10nF	10nF		± 0.15nF
100nF	100nF		± 1.5nF
1μF	1μF		± 15nF
10μF	10μF		± 0.15μF
100μF	100μF		± 1.5μF
1000μF	1000μF		± 15μF
10000μF	10000μF		± 0.25mF

[1] 정확도를 극대화하려면 교정기에 테스트 리드를 연결하기 전에 개방형 테스트 리드로 영점 측정을 하여 테스트 리드 캐패시턴스를 없애야 합니다.

교정 보안

교정 보안 코드는 우발적인 또는 무단의 계측기 조절을 방지합니다. 계측기를 처음 받을 때 계측기는 잠겨 있습니다. 계측기를 조절하려면 먼저 올바른 보안 코드를 입력하여 잠금을 해제해야 합니다.

(88 페이지의 "교정 시 계측기 잠금 해제" 참조).

계측기 납품 시 보안 코드는 AT34405로 설정되어 있습니다. 보안 코드는 비휘발성 메모리에 저장되고 전원을 끄거나 출고시 재설정(*RST 명령) 후 또는 계측기 프리 세트(SYSTem:PRESet 명령) 후에도 변경되지 않습니다.

참 고

전면 패널에서 계측기를 잠금 해제할 수 있으나 전면 패널을 통해 새 보안 코드를 입력하거나 보안 코드를 변경할 수 있습니다. 계측기 를 잠금 해제한 후에는 원격 인터페이스에서만 보안 코드를 변경할 수 있습니다. 자세한 사항은 34405A Programmer's Reference 도움말 파일에 있는 CAL:SEC:CODE 명령을 참조하십시오.

보안 코드는 알파벳과 숫자 최고 12자리로 되어 있습니다. 첫번째 자리는 문자이어야 합니다. 나머지 자리는 문자이거나 숫자입니다. 12자리를 모두 채울 필요는 없습니다.

교정 시 계측기 잠금 해제

계측기를 조절하려면 먼저 올바른 보안 코드를 입력하여 잠금을 해제해야 합니다. 계측기 납품 시 보안 코드는 AT34405로 설정되어 있습니다. 보안 코드는 비휘발성 메모리에 저장되고 전원을 끌 때나 출고시 재설정(*RST 명령) 후에도 변하지 않습니다.

전면 패널에서 잠금 해제

전면 패널에서 계측기를 잠금 해제하려면 보안 코드의 다섯 자리(3번째~7번째)만 사용합니다. 그 다섯 자리 중 숫자가 아니라 문자가 있는 경우, 해당 문자는 전면 패널에서 "0"으로 나타납니다.

예 1

교정 보안 코드는 제조 시 설정한 AT34405인 것으로 가정합니다. 전면 패널에서 잠금 해제할 경우 코드 길이는 다섯 자리이므로 처음 두 문자는 무시합니다. 따라서 이 예에서의 코드는 다음과 같습니다.

34405

예 2

원격 인터페이스를 통해 교정 보안 코드를 AT01A405로 설정한 것으로 가정합니다. 전면 패널에서 잠금 해제할 경우 처음 두 자리와 8번째 이후부터 12번째 자리까지는 무시합니다. 따라서 이 예에서의 코드는 다음과 같습니다.

01A40

전면 패널에서는 모든 문자(이 예에서는 A)가 0으로 나타납니다. 따라서 사용되는 코드는 다음과 같습니다.

01040

예 3

원격 인터페이스를 통해 교정 보안 코드가 ATB1로 설정된 것으로 가정합니다. 처음 두 문자(AT)는 무시합니다. B는 0으로 표시됩니다. 그래도 "1"은 사용되며 나머지 자리는 모두 0으로 채워집니다. 따라서 사용되는 코드는 다음과 같습니다.

01000

전면 패널에서 계측기 잠금 해제

1 **Shift** 와 **DCV** 를 동시에 눌러 교정 보안 코드 입력 모드로 들어갑니다.

2 주 디스플레이에는 **SECUR** 가, 보조 디스플레이에는 **-----** 가 각각 표시됩니다.

3 편집 키  를 사용하여 코드 각 자리를 차례로 입력합니다.

범위 키  로 각 자리를 선택합니다.

4 모두 선택했으면 **Disp** (Enter)를 누릅니다.

5 보안 코드를 올바로 입력한 경우에는 **CAL** 표시부에 불이 들어오고 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 나타납니다.

교정 절차

완전한 계측기 교정을 이행하는 데 일반적으로 권장되는 방법은 다음과 같습니다.

- 1 71 페이지의 "[테스트 시 고려 사항](#)"을 읽습니다.
- 2 검증 테스트를 수행하여 계측기의 특징을 분석합니다 (유입 데이터).
- 3 교정을 위해 계측기를 잠금 해제합니다([87 페이지의 "교정 보안" 참조](#)). 잠금을 해제하면 계측기는 조절 모드가 되며 이는 CAL 표시부에 불이 켜지는 것으로 알 수 있습니다.
- 4 조절 절차를 수행합니다([93 페이지의 "조절" 참조](#)).
- 5 계측기를 다시 잠금니다.
- 6 계측기의 유지보수 기록에는 새 보안 코드 및 교정 차수가 기록됩니다.

참고

조절 모드를 종료한 다음 계측기를 깨야 합니다.

조절 시 전면 패널 사용

이 단원에서는 전면 패널에서 조절을 수행하는 절차를 설명합니다. 원격 인터페이스 명령에 대해서는 *34405A Programmer's Reference* 온라인 도움말을 참조하십시오.

조절 모드 선택

계측기 잠금 해제에 관해서는 88 페이지의 "교정 시 계측기 잠금 해제"를 참조하십시오. 잠금을 해제하면 디스플레이의 **CAL** 표시부에 불이 들어와 조절 모드가 되었음을 알려줍니다.

조절 값 입력

DMM 조절 절차에서 전면 패널을 통해 입력 교정 값을 입력하려면

보조 디스플레이에서 편집 키  로 각 자리를 선택합니다.



및



화살표 키로 0부터 9까지 찾아봅니다.

모두 선택했으면  를 누릅니다.

진행 중인 교정 중단

경우에 따라 절차를 이미 시작한 후에 교정을 중단해야 하는 경우도 있습니다. 다음 버튼을 눌러 언제라도 교정을 중단할 수 있습니다.

Shift

그러면 교정이 중단되고 주 디스플레이에 **FAIL**이 표시되며 *Error 705, CAL Aborted*가 나타납니다.

주의

계측기가 EEPROM에 새 교정 상수를 쓰려고 할 때 진행 중인 교정을 중단하면 해당 기능에 대한 교정 상수를 모두 잃을 수도 있습니다. 보통 전원을 다시 켜 때 계측기는 오류 742부터 748까지 종에서 해당하는 오류를 보고합니다. 이럴 경우 전체 재조절이 수행될 때까지 계측기를 사용하지 않는 것이 좋습니다. 발생 할 수 있는 교정 오류 목록은 [110](#) 페이지에 나와있습니다.

조절

테스트 입력 케이블과 커넥터 세트가 필요하며 계측기를 조절하려면 전원차단 플러그가 필요합니다(72 페이지의 "입력 연결" 참조).

참 고

각 조절이 성공적으로 완료되면 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시됩니다. 교정에 실패하면 멀티미터에서는 신호음이 울리고 주 디스플레이에는 **Fail**이, 보조 디스플레이에는 오류 번호가 각각 표시됩니다. 교정 오류 메시지에 대해서는 110 페이지에서 설명합니다. 교정 실패 시 문제를 해결하고 절차를 다시 수행합니다.

영점 조정

영점 조정을 수행할 때마다 계측기는 측정 기능 및 범위에 대한 새

오프셋 보정 상수 세트를 저장합니다. 계측기가 필수 기능 및 범위를 모두 자동으로 실행하고 새 영점 오프셋 교정 상수를 저장합니다.

주의

영점 조정 중에는 계측기를 절대로 꺼서는 안됩니다. 그렇지 않으면 교정 메모리가 모두 손실될 수 있습니다.

영점 조정 절차

조절하기에 앞서 2시간 동안 계측기가 예열되고 안정화될 때까지 기다립니다.

- 1 아래서 설명하는 단계를 따릅니다. 이 테스트를 시작하기 전에 71 페이지의 "테스트 시 고려사항"을 다시 확인합니다.
- 2 계측기를 잠금 해제하면 계측기가 조절 모드가 되고(**CAL** 표시부에 불이 켜짐) 보조 디스플레이에는 **Short**가 표시됩니다. HI와 LO 전면 패널 입력 단자 사이에 전원차단 플러그를 연결

합니다(73 페이지 참조). 전류 입력은 개방된 상태로 놔둡니다.

참 고

열 효과를 줄이려면 영점 조정 수행 전 전원차단 플러그를 연결하고 적어도 1분간 기다립니다.

3 **dB** 를 누르면 디스플레이 **CAL** 표시부가 깜박이기 시작하여 교정이 진행 중임을 나타냅니다.

4 조정이 진행되면 디스플레이에 측정 기능 및 범위가 표시됩니다.

- 조정이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
- 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL**이,
보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다.
문제를 해결하고 이 절차를 다시 수행합니다.

5 입력 단자에서 전원 차단 플러그를 벗겨냅니다.

6 **Hold** 를 누르면 디스플레이 **CAL** 표시부가 깜박이기 시작합니다.

7 개방 입력 조정이 진행되면 디스플레이에 해당 기능이 표시됩니다.

- 조정이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
- 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL**이,
보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다.
문제를 해결하고 이 절차를 다시 수행합니다.

8 75 페이지의 "제로 오프셋 검증"을 수행하여 영점 교정 결과를 확인합니다.

개인 조절

계측기는 각 입력 값의 개인 보정을 계산하여 저장합니다. 개인 상수는 교정 명령으로 입력한 교정 값과 조절 절차 중 자동으로 이루어진 측정으로 계산합니다.

측정 기능과 범위에는 대부분 개인 조절 절차가 있습니다.
 $100M\Omega$ 범위에는 개인 교정 절차가 없습니다.

각 기능의 조절 작업은 설명한 순서대로만 수행해야 합니다.

개인 조절 시 고려사항

- 개인 조절 절차를 시작하려면 최근에 영점 조정 작업을 수행했어야 합니다.
- 조절하기에 앞서 2시간 동안 계측기가 예열되고 안정화될 때 까지 기다립니다.
- 테스트 리드를 교정기와 멀티미터에 연결할 때에는 열 효과를 고려합니다. 테스트 리드 연결 후 교정을 시작하기 전에 1분간 기다리는 것이 좋습니다.

주의

개인 조절 중에는 계측기를 절대로 꺼서는 안됩니다. 그렇지 않으면 현 기능의 교정 메모리가 손실될 수 있습니다.

유효한 개인 조절 입력 값 개인 조절 시 다음과 같은 입력 값을
이 사용됩니다.

표 14 유효한 개인 조절 입력 값

기능	범위	유효한 진폭 입력 값
DC 전압	100mV, 1V, 10V, 100V, 1000V	0.9 ~ 1.1 x 풀 스케일
DC 전류	10mA, 100mA, 1000mA, 10A	0.9 ~ 1.1 x 풀 스케일
옴	100 Ω, 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 10M Ω	0.9 ~ 1.1 x 풀 스케일
주파수	자동 범위/1kHz	입력 ≥ 100mV rms, 900Hz ~ 1100Hz
AC 전류	1mA, 10mA, 100mA, 1000mA, 10A	0.9 ~ 1.1 x 풀 스케일
AC 전압	10mV, 100mV, 1V, 10V, 100V, 750V	0.9 ~ 1.1 x 풀 스케일
캐패시턴스	0.4 nF, 1nF, 10nF, 100nF, 1μF, 10μF, 100 μF, 1000μF, 10000μF	0.9 ~ 1.1 x 풀 스케일

DC 전압 개인 조절 절차

이 절차를 시작하려면 먼저 71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 및 95 페이지의 "개인 조절 시 고려사항" 단원을 다시 확인합니다.

- 1  를 눌러 DC 전압 개인 교정으로 들어갑니다.
- 2 주 디스플레이에는 교정되지 않은 값이, 보조 디스플레이에는 **Cal Item**의 기준 값이 각각 표시됩니다.
- 3 아래 조절 표에 나와 있는 각각의 **Cal Item**을 구성합니다.

참 고

DC 전압 개인 교정 절차에 앞서 최근 영점 조정 절차를 수행한 경우에는 **Cal Item** 'Short'를 무시해도 좋습니다.

- 4  (Auto) 또는  (Range)를 사용하여 **Cal Item**을 선택합니다.

5 표의 "입력" 란에 있는 입력 신호를 적용합니다.

참 고

테스트는 항상 해당 표에 나와 있는 순서대로 진행해야 합니다.

6 실제 적용 입력을 입력합니다(91 페이지의 "조절 값 입력" 참조).

7 **Disp** 을 눌러 조절을 시작합니다. **CAL** 표시부가 깜박이면서 교정이 진행 중임을 나타냅니다.

- 각 조정 값이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
- 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL** 이, 보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다.
입력 값, 범위, 기능 및 입력 조절 값을 확인하여 문제를 해결하고
조절 단계를 다시 진행합니다.

8 표에 나와 있는 각 개인 조절 사항에 대해 3단계부터 7단계까지 반복합니다.

9 78 페이지의 "DC 전압 개인 검증 테스트"를 이용하여 DC 전압 개인 조절을 확인합니다.

표 15 DC 전압 개인 조절

입력	기능	Cal Item
두 단자 간 동선 단락이 있는 듀얼 바나나 플러그	DC 전압	단락
100mV		100mV
+ 1V		+ 1V
- 1V		- 1V
10V		10V
100V		100V
1000V		1000V

주의 사항: 멀티미터 입력 단자에서 분리하기 전 교정기 출력을 **0V**로 설정합니다.

DC 전류 개인 조절 절차

이 절차를 시작하려면 먼저 71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 및 95 페이지의 "개인 조절 시 고려사항" 단원을 다시 확인합니다.

- 1  를 눌러 DC 전류 개인 교정으로 들어갑니다.
- 2 주 디스플레이에는 교정되지 않은 값이, 보조 디스플레이에는 **Cal Item**의 기준 값이 각각 표시됩니다.
- 3 아래 조절 표에 나와 있는 각각의 **Cal Item**을 구성합니다.

참 고

DC 전류 개인 교정 절차에 앞서 최근 영점 조정 절차를 수행한 경우에는 **Cal Item 'Open'**을 무시해도 좋습니다.

- 4  (Auto) 또는  (Range)를 사용하여 **Cal Item**을 선택합니다.
- 5 표의 "입력" 란에 있는 입력 신호를 적용합니다.

참 고

테스트는 항상 해당 표에 나와 있는 순서대로 진행해야 합니다.

- 6 실제 적용 입력을 입력합니다(91 페이지의 "조절 값 입력" 참조).
- 7  을 눌러 조절을 시작합니다. **CAL** 표시부가 깜박이면서 교정이 진행 중임을 나타냅니다.
 - 각 조정 값이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
 - 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL** 이, 보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다.
 - . 입력 값, 범위, 기능 및 입력 조절 값을 확인하여 문제를 해결하고 조절 단계를 다시 진행합니다.

- 8** 표에 나와 있는 각 개인 조절 사항에 대해 3단계부터 7단계까지 반복합니다.
- 9** 79 페이지의 "DC 전류 개인 검증 테스트"를 이용하여 DC 전류 개인 조절을 확인합니다.

표 16 DC 전류 개인 조절

입력	기능	Cal Item
입력 단자에서 테스트 리드를 분리	DC 전류	개방
10mA		10mA
100mA		100mA
1000mA		1000mA
주의 사항: 10A를 적용하기 전에 멀티미터의 12A 및 LO 단자에 교정 기를 연결합니다.		
10 A		10A

AC 전압 개인 조절 절차

이 절차를 시작하려면 먼저 71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 및 95 페이지의 "개인 조절 시 고려사항" 단원을 다시 확인합니다.

- 1  를 눌러 AC 전압 개인 교정으로 들어갑니다.
- 2 주 디스플레이에는 교정되지 않은 값이, 보조 디스플레이에는 **Cal Item**의 기준 값이 각각 표시됩니다.
- 3 아래 조절 표에 나와 있는 각각의 **Cal Item**을 구성합니다.
- 4  (Auto) 또는  (Range)를 사용하여 **Cal Item**을 선택합니다.
- 5 아래 표의 입력 및 주파수란에 있는 입력 신호를 적용합니다.

참 고

테스트는 항상 해당 표에 나와 있는 순서대로 진행해야 합니다.

6 실제 적용 입력을 입력합니다(91 페이지의 "조절 값 입력" 참조).

7  을 눌러 조절을 시작합니다. **CAL** 표시부가 깜박이면서 교정이 진행 중임을 나타냅니다.

- 각 조정 값이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
- 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL** 이, 보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다. 입력 값, 범위, 기능 및 입력 조절 값을 확인하여 문제를 해결하고 조절 단계를 다시 진행합니다.

8 표에 나와 있는 각 개인 조절 사항에 대해 3단계부터 7단계까지 반복합니다.

9 82 페이지의 "AC 전압 검증 테스트"를 이용하여 AC 전압 개인 조절을 확인합니다.

표 17 AC 전압 개인 조절

입력 Vrms	주파수	기능	1kHz Cal Item 으로서의 주파수
10mV	1kHz	AC 전압	10mV
100mV	1kHz		100mV
1V	1kHz		1V
10V	1kHz		10V
100V	1kHz		100V
750V	1kHz		750V

주의 사항: 멀티미터 입력 단자에서 분리하기 전 교정기 출력을 **0V**로 설정합니다.

AC 전류 개인 조절 절차

이 절차를 시작하려면 먼저 71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 및 95 페이지의 "개인 조절 시 고려사항" 단원을 다시 확인합니다.

- 1  를 눌러 AC 전류 개인 교정으로 들어갑니다.
- 2 주 디스플레이에는 교정 값이, 보조 디스플레이에는 **Cal Item**의 기준값이 각각 표시됩니다.
- 3 아래 조절 표에 나와 있는 각각의 **Cal Item**을 구성합니다.
- 4  (Auto) 또는  (Range)를 사용하여 **Cal Item**을 선택합니다.
- 5 아래 표의 입력 및 주파수 란에 있는 입력 신호를 적용합니다.

참고

테스트는 항상 해당 표에 나와 있는 순서대로 진행해야 합니다.

- 6** 실제 적용 입력을 입력합니다(91 페이지의 "조절 값 입력" 참조).
- 7**  을 눌러 조절을 시작합니다. **CAL** 표시부가 깜박이면서 교정이 진행 중임을 나타냅니다.
- 각 조정 값이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
 - 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나고 주 디스플레이에 **FAIL**이, 보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다. 입력 값, 범위, 기능 및 입력 조절 값을 확인하여 문제를 해결하고 조절 단계를 다시 진행합니다.
- 8** 표에 나와 있는 각 개인 조절 사항에 대해 3단계부터 7단계까지 반복합니다.
- 9** 83 페이지의 "AC 전류 검증 테스트"를 이용하여 AC 전류 개인 조절을 확인합니다.

표 18 AC 전류 개인 조절

입력 전류	주파수	기능	1kHz Cal Item 으로서의 주파수
1mA	1kHz	AC 전류	1mA
10mA	1kHz		10mA
100mA	1kHz		100mA
1000mA	1kHz		1000mA
주의 사항: 1A 및 10A 를 적용하기 전에 멀티미터의 12A 및 L0 단자에 교정기를 연결합니다.			
1A	1kHz		1A
10A	1kHz		10A

저항 개인 조절 절차

이 절차를 시작하려면 먼저 71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 및 95 페이지의 "개인 조절 시 고려사항" 단원을 다시 확인합니다.

이 절차에서는 2와이어 옴 기능에 대한 개인을 조절합니다.
100MΩ 범위의 개인은 10 MΩ 범위에서 도출하며 별도의 조절 사항이 없습니다.

- 1 을 눌러 저항 개인 조절 모드로 들어갑니다.
- 2 주 디스플레이에는 교정 값이, 보조 디스플레이에는 **Cal Item (Short)**의 첫번째 기준값이 각각 표시됩니다.
- 3 아래 조절 표에 나와 있는 각각의 **Cal Item**을 구성합니다.

참 고

저항 개인 교정 절차에 앞서 최근 영점 조정을 수행한 경우에는 **Cal Items Short** 및 **Open**을 건너뛰어도 좋습니다.

- 4 (Auto) 또는 (Range)를 사용하여 **Cal Item**을 선택합니다.
- 5 표의 입력란에 있는 입력 신호를 적용합니다.

참 고

테스트는 항상 해당 표에 나와 있는 순서대로 진행해야 합니다.

- 6 실제 적용 입력을 입력합니다(91 페이지의 "조절 값 입력" 참조).

- 7 을 눌러 조절을 시작합니다. **CAL** 표시부가 깜박이면서 교정이 진행 중임을 나타냅니다.
 - 각 조정 값이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
 - 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL**이, 보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다.
 - . 입력 값, 범위, 기능 및 입력 조절 값을 확인하여 문제를 해결하고 조절 단계를 다시 진행합니다.

- 8** 표에 나와 있는 각 개인 조절 사항에 대해 3단계부터 7단계까지 반복합니다.
- 9** 80 페이지의 "저항 개인 검증 테스트"를 이용하여 저항 개인 조절을 확인합니다.

표 19 조향 개인 조절

입력	기능	Cal Item
두 단자 간 동선 단락이 있는 듀얼 바나나 플러그	2와이어 옴	단락
입력 단자 개방(입력 단자에서 테스트 리드나 전원 차단 마개를 분리)	개방	
10MΩ		10MΩ
1MΩ		1MΩ
100kΩ		100kΩ
10kΩ		10kΩ
1kΩ		1kΩ
100 Ω		100 Ω

주파수 개인 조절 절차

이 절차를 시작하려면 먼저 71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 및 95 페이지의 "개인 조절 시 고려사항" 단원을 다시 확인합니다.

- 1  를 눌러 주파수 개인 교정으로 들어갑니다.
- 2 주 디스플레이에는 교정 값이, 보조 디스플레이에는 **Cal Item**의 기준값이 각각 표시됩니다.
- 3 아래 조절 표에 나와 있는 각각의 **Cal Item**을 구성합니다.
- 4  (Auto) 또는  (Range)를 사용하여 **Cal Item**을 선택합니다.
- 5 표의 입력 전압 및 주파수 란에 있는 입력 신호를 적용합니다.

참 고

테스트는 항상 해당 표에 나와 있는 순서대로 진행해야 합니다.

6 실제 적용 입력을 입력합니다(91 페이지의 "조절 값 입력" 참조).

7 **Disp** 을 눌러 조절을 시작합니다. **CAL** 표시부가 깜박이면서 교정이 진행 중임을 나타냅니다.

- 각 조정 값이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
- 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL** 이, 보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다. 입력 값, 범위, 기능 및 입력 조절 값을 확인하여 문제를 해결하고 조절 단계를 다시 진행합니다.

8 표에 나와 있는 각 개인 조절 사항에 대해 3단계부터 7단계까지 반복합니다.

9 81 페이지의 "주파수 개인 검증 테스트"를 이용하여 주파수 개인 조절을 확인합니다.

표 20 주파수 개인 조절

1Vrms			
입력 전압	주파수	기능	Cal Item 으로서 의 전압
1Vrms	1kHz	주파수	1kHz

캐패시턴스 개인 조절 절차

이 절차를 시작하려면 먼저 71 페이지의 "테스트 시 고려사항" 및 95 페이지의 "개인 조절 시 고려사항" 단원을 다시 확인합니다.

- 1 를 눌러 캐패시턴스 개인 교정으로 들어갑니다.
- 2 주 디스플레이에는 교정 값이, 보조 디스플레이에는 **Cal Item**의 기준값이 각각 표시됩니다.
- 3 아래 조절 표에 나와 있는 각각의 **Cal Item**을 구성합니다.

참 고

캐패시턴스 개인 교정 절차에 앞서 최근 영점 조정 절차를 수행한 경우에는 **Cal Item 'Short'**를 무시해도 좋습니다.

- 4 (Auto) 또는 (Range)를 사용하여 **Cal Item**을 선택합니다.
- 5 표의 "입력" 란에 있는 입력 신호를 적용합니다.

참 고

테스트는 항상 해당 표에 나와 있는 순서대로 진행해야 합니다.

- 6 실제 적용 입력을 입력합니다(91 페이지의 "조절 값 입력" 참조).

- 7  을 눌러 조절을 시작합니다. **CAL** 표시부가 깜박이면서 교정이 진행 중임을 나타냅니다.
- 각 조정 값이 성공적으로 끝났다는 것은 짧은 신호음과 주 디스플레이에 **PASS**가 잠깐 표시되는 것으로 알 수 있습니다.
 - 조정 실패 시에는 긴 신호음이 나오고 주 디스플레이에 **FAIL** 이, 보조 디스플레이에는 교정 오류 번호가 각각 표시됩니다.
- . 입력 값, 범위, 기능 및 입력 조절 값을 확인하여 문제를 해결하고
조절 단계를 다시 진행합니다.
- 8 표에 나와 있는 각 개인 조절 사항에 대해 3단계부터 7단계까지
반복합니다.
- 9 86 페이지의 "["캐패시턴스 성능 검증 테스트\(옵션\)"](#)"를 이용하여
캐패시턴스 개인 조절을 확인합니다.

표 21 캐패시턴스 개인 조절

입력	기능	Cal Item
입력 단자 개방(입력 단자에서 테스트 리드 나 전원차단 플러그를 분리)	캐패시턴스 개방	
0.4nF		0.4nF
1nF		1nF
10nF		10nF
100nF		100nF
1 μF		1 μF
10 μF		10 μF
100 μF		100 μF
1000 μF		1000 μF
10000 μF		10000 μF

조절 완료

- 1 계측기에서 전원차단 플러그와 연결을 모두 분리합니다.
- 2 교정 메시지를 재설정합니다(아래 참조).
- 3 새 교정 차수를 기록합니다([108 페이지](#) 참조).

4  및  를 동시에 눌러 조절 모드를 종료합니다.
계측기가 잠금 설정되면 DC 전압으로 돌아가 측정의 범위를 자동 조정합니다.

교정 메시지

계측기를 통해 교정 메모리에 메시지를 저장할 수 있습니다.
예를 들어, 마지막으로 교정을 수행한 날짜, 다음 교정 날짜, 계측 기의 일련 번호, 심지어 새 교정 시 연락할 담당자의 이름 및 전화번호 등과 같은 정보를 저장할 수 있습니다. 교정 메시지는 최대 40문자로 되어 있습니다.

계측기를 잠금 해제한 경우에만 교정 메시지를 기록할 수 있습니다. 계측기 잠금 여부와는 상관 없이 교정 메시지를 읽을 수 있습니다
(원격에서만).

교정 메시지를 저장하려면 원격 인터페이스에서
CALibration:STRing 및 **CALibration:STRing?** 명령을 사용합니다.

교정 차수 읽기

교정을 몇 회 수행했는지를 계측기에서 조회하여 알아볼 수 있습니다. 계측기는 교정된 상태로 출하 됩니다. 계측기를 받으면 해당 차수를 읽어 초기값을 확인합니다.

각 교정 사항마다 차수가 1씩 증가하므로 전체 교정을 1회 완료하면 값이 여러 번 올라갑니다. 교정 차수는 최고 32767까지 올라가며 그 후에는 0으로 돌아옵니다. 교정 차수는 계측기를 잠금 해제한 후 원격에서 또는 전면 패널에서 읽을 수 있습니다. 원격에서 교정 차수를 읽으려면 CALibration:COUNT? 명령을 이용합니다. 전면 패널에서는 다음 절차를 통해 교정 차수를 읽을 수 있습니다.

1 조절 모드에서(CAL 표시부에 불이 켜짐)

 를 누릅니다. 보조 디스플레이에 교정 차수가 표시됩니다.

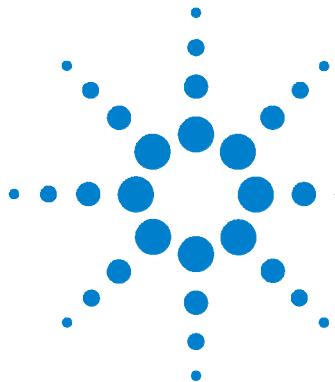
2 그 차수를 기억해둡니다.

3  를 다시 눌러 교정 차수 모드를 종료합니다.

교정 오류

다음 오류는 교정 중 발생할 수 있는 오류를 나타냅니다.

번호	설명	번호	설명
702	Cal 잠금	722	교정 RES 오프셋이 범위를 벗어납니다.
703	잘못된 보안 코드입니다.	726	교정 RES 개방이 범위를 벗어납니다.
704	보안 코드가 너무 깁니다.	742	교정 체크섬 DCV 보정 실패
705	교정 중단	743	교정 체크섬 DCI 보정 실패
706	교정 값이 범위를 벗어납니다.	744	교정 체크섬 RES 보정 실패
707	교정 신호 측정이 범위를 벗어납니다.	746	교정 체크섬 ACI 보정 실패
720	교정 DCV 오프셋이 범위를 벗어납니다.	747	교정 체크섬 FREQ 보정 실패
721	교정 DCI 오프셋이 범위를 벗어납니다.	748	교정 체크섬 CAP 보정 실패



5

분해 및 수리

이 장에서는 멀티미터의 오류를 해결하는 것에 대해 설명합니다.
여기서는 멀티미터를 분해하는 방법, 수리 서비스를 받는 방법,
교체 가능한 부품 목록 등을 설명합니다.

- 작동 점검표 112
- 가용한 서비스 종류 113
- 납품용 재포장 114
- 세척 114
- 전원선 퓨즈 교체 방법 115
- 전류 입력 퓨즈 교체 방법 116
- 자가 테스트 오류 117
- 정전기 방전(ESD) 예방 조치 118
- 기계적 분해 119
- 교체 가능한 부품 126



작동 점검표

멀티미터를 애질런트로 보내 서비스나 수리를 받기 전에 다음 항목을 확인합니다.

멀티미터가 작동하지 않습니까?

- 전원선 전압 설정을 확인합니다.
- 전원선 퓨즈가 설치되어 있는지 확인합니다.
- 전원 코드가 멀티미터와 AC 라인 전원에 연결되어 있는지 확인합니다.
- 전면 패널 전원 스위치를 눌렀는지 확인합니다.

[115 페이지](#) 참조

멀티미터가 자가 테스트를 수행하지 못합니까?

- 멀티미터의 테스트 연결을 모두 분리하고 자가 테스트를 다시 실행합니다.

자가 테스트 중 멀티미터 입력 단자에 AC 신호가 있으면 오차가 발생할 수 있습니다. 긴 테스트 리드도 안테나 역할을 하므로 AC 신호 픽업을 초래할 수 있습니다.

멀티미터의 전류 입력이 작동하지 않습니까?

- 전류 입력 퓨즈를 확인합니다.

가용한 서비스 종류

보증 기간 중에 계측기가 고장난 경우 애질런트테크놀로지스는 해당 계측기를 수리하거나 교체해줍니다. 보증 만료 후에는 저렴한 가격으로 수리 서비스를 제공합니다.

서비스 계약 연장

애질런트 제품 대부분에 대해 기본 보증 기간이 만료된 후 보장 기간을 연장하는 서비스 계약 옵션을 이용할 수 있습니다. 그러한 서비스 계약을 맺고, 보장 기간 중에 계측기가 고장나는 경우 애질런트테크놀로지스가 계약에 의거하여 해당 제품을 수리하거나 교체해줍니다.

수리 서비스 받기(전 세계)

계측기에 대한 서비스를 받으려면(품질보증에 따라, 서비스 계약에 따라 또는 보증 만료 후) 가까운 애질런트테크놀로지스 서비스 센터로 문의합니다. 서비스 센터에서 수리 또는 교체 일정을 잡고 해당하는 보증 또는 수리비 정보를 제공할 것입니다.

다음 전화 번호 중 하나로 애질런트테크놀로지스에 보증, 서비스 또는 기술 지원 정보를 요청할 수 있습니다.

미국: (800) 829-4444

유럽: 31 20 547 2111

일본: 0120-421-345

또는 당사 웹 사이트에서 전세계 애질런트 연락처 정보를 확인할 수 있습니다.

www.agilent.com/find/assist

또는 애질런트테크놀로지스 대표부로 연락하십시오.

계측기를 출하하기 전에 애질런트테크놀로지스 서비스 센터에 납품 구성물을 포함하여 납품 지침을 제공해줄 것을 요청합니다. 애질런트에서는 원래의 납품용 상자를 잘 보관해둘 것을 권장합니다.

납품용 재포장

제품을 애질런트로 보내 서비스나 수리를 받으려면 다음과 같이 합니다.

- 소유자 및 필요한 서비스나 수리를 적은 태그를 장치에 붙입니다. 모델 번호 및 전체 일련 번호도 적습니다.
- 장치를 원래의 납품용 상자에 담습니다.
- 강력한 테이프나 금속 밴드로 상자를 단단히 묶습니다.
- 원래의 납품용 상자가 없는 경우에는 계측기 사방으로 최소한 4인치를 압축할 수 있는 상자에 담습니다. 정전기 없는 포장재를 사용해야 장치의 추가 손상을 피할 수 있습니다.

애질런트는 항상 안전하게 납품할 것을 제안합니다.

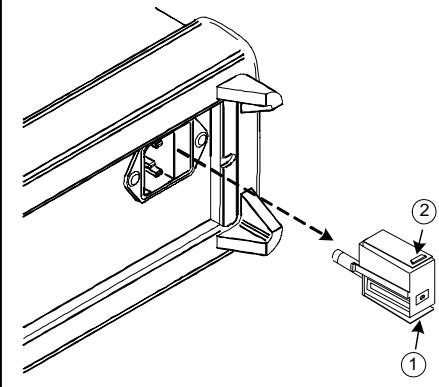
세척

계측기 외부를 보푸라기 없는 부드러운 천에 물기를 살짝 묻혀 닦습니다. 세제를 사용하지 않습니다. 세척 시 분해는 하지 않는 것이 좋습니다.

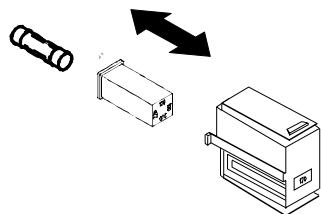
전원선 퓨즈 교체 방법

전원선 퓨즈는 멀티미터의 후면 패널에 있는 퓨즈 홀더 어셈블리 내에 있습니다. 멀티미터는 전원선 퓨즈가 설치된 상태로 출하됩니다. 납품되는 퓨즈는 Time-Lag 타입의 차단율이 낮은 0.2A/ 250V, 5x20mm 퓨즈이며 애질런트 부품 번호는 2110-1395입니다. 퓨즈에 문제가 있는 것으로 판단되면 크기와 정격이 동일한 것으로 교체합니다.

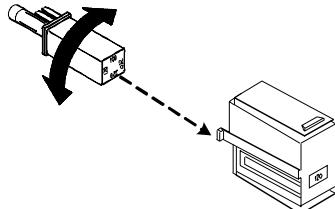
- 1** 전원 코드를 뽑습니다. 탭 1과 2를 해제하고 후면 패널에서 퓨즈 홀더를 빼냅니다.



- 2** 퓨즈 홀더 어셈블리에서 라인 전압 선택기를 분리합니다.

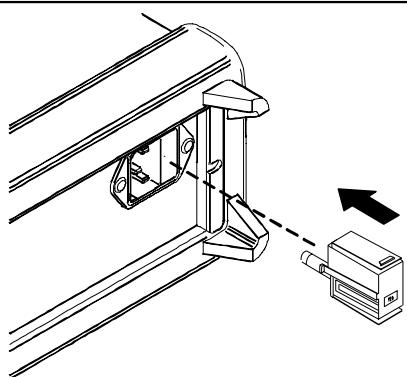


- 3** 라인 전압 선택기를 돌려 다시 끼우면 퓨즈 홀더 창에 올바른 전압이 나타납니다.



100, 120, 220 (230) or 240 Vac

- 4** 퓨즈 홀더 어셈블리를 후면 패널에 다시 장착합니다.



전류 입력 퓨즈 교체 방법

1.2A와 12A 전류 입력 단자 모두 퓨즈가 보호되어 있습니다 1.2A 입력 단자의 퓨즈는 전면 패널에 있습니다([17 페이지](#) 참조). 퓨즈는 1.25A/ 500V 퓨즈이며 애질런트 부품 번호는 2110-1394입니다. 퓨즈에 문제가 있는 것으로 판단되면 크기와 정격이 동일한 것으로 교체합니다.

12A 전류 입력 단자의 퓨즈는 멀티미터 내부에 있으므로([123 페이지](#) 참조) 멀티미터를 부분적으로 분해해야 합니다. 퓨즈는 Fast Acting 타입의 15A/ 600V 퓨즈이며 애질런트 부품 번호는 2110-1396입니다. 퓨즈에 문제가 있는 것으로 판단되면 크기와 정격이 동일한 것으로 교체합니다.

자가 테스트 오류

다음 오류는 자가 테스트 중 발생할 수 있는 오류를 나타냅니다.

참 고

원격 인터페이스에서 자가 테스트 실패는 SCPI 오류-330을 초래하고 아래 나와 있는 테스트 번호 중 하나가 표시되는 보충 메시지가 나타납니다. 전면 패널에서는 테스트 실패만 표시됩니다.

표 22 자가 테스트 오류 번호

오류 번호	설명
626	I/O 프로세서 자체 테스트 실패
630	불안정한 발진기
631	프로그램 ROM 체크섬 실패
632	프로그램 RAM 실패
633	디스플레이 보드 실패
634	ADC 실패
635	인터페이스 보드 실패
636	DC 경로 오류
637	AC 경로 감쇠 오류
638	AC 경로 감쇠 100 오류
639	AC 경로 감쇠 1000 및 증폭 10 오류
640	주파수 측정 경로 실패
641	정전류 0.2V/1kohm 오류
642	정전류 0.2V/10kohm 또는 증폭 11 오류
643	정전류 0.8V/100kohm 또는 증폭 11 오류
644	정전류 1V/1.1Mohm 또는 증폭 11 오류

정전기 방전(ESD) 예방조치

전기 부품은 거의 모두 취급 시 ESD에 의해 손상을 입을 수 있습니다. 정전기 방전 전압이 50V으로 낮을 때 부품이 손상될 수 있습니다.

다음 지침은 계측기나 전자 장치 수리 시 ESD 손상을 방지하는 데 유용합니다.

- 계측기를 정전기가 없는 작업 영역에서만 분해합니다.
- 전도성 있는 작업 영역을 이용하여 정전기 충전을 줄입니다.
- 전도성 있는 손목띠를 이용하여 정전기 충전을 줄입니다.
- 취급 회수를 줄입니다.
- 교체 부품을 원래의 정전기 없는 포장지에 담은 채로 보관합니다.
- 플라스틱, 스티로폼, 비닐, 종이 및 기타 정전기를 일으키는 물체를 작업 영역에서 치웁니다.
- 정전기 방지 납작입기만 사용합니다.

기계적 분해

본 매뉴얼에 있는 절차를 이용하여 분해할 경우, 다음과 같은 도구가 필요합니다.

- T20 Torx 드라이버(대부분 분해에 이용)
- 일자 스크루 드라이버
- #2 Pozi-드라이브 스크루 드라이버

경고

전격 위험. 위험을 잘 알고 있고 서비스 교육을 받은 직원만 계측기 덮개를 분리하도록 합니다. 감전이나 부상을 피하려면 덮개를 분리하기 전에 계측기의 전원 코드를 뽑습니다. 일부 회로에는 전원 스위치를 고더라도 전류가 흐르는 경우가 있습니다.

일반 분해

- 1 계측기에서 전원 및 케이블을 모두 분리합니다.
- 2 손잡이를 위로 올려 계측기 측면으로 당겨 빼냅니다.



5 분해 및 수리

3 계측기 범퍼를 분리합니다. 모서리를 당겨 범퍼를 계측기에서 그대로 빼냅니다.



4 후면 베젤을 분리합니다. 후면 베젤에 있는 두 캡티브 나사를 풀고 후면 베젤을 분리합니다.

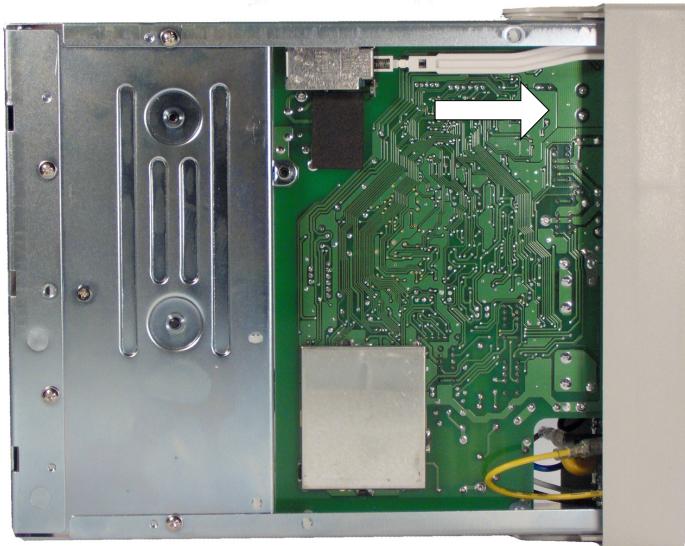


5 덮개를 분리합니다. 덮개 아래 쪽에 있는 나사를 풀고 덮개를 빼냅니다.



전면 패널 분리

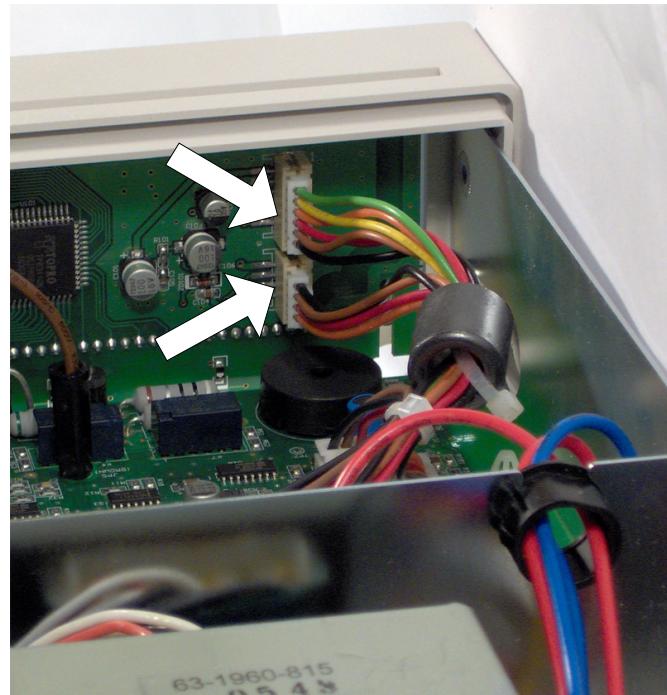
6 On/Off 스위치 푸시 로드를 빼냅니다. 전원 스위치 푸시 로드를 계측기 전면으로 조심스럽게 움직여 스위치에서 분리합니다. 푸시 로드가 꼬이거나 구부러지지 않도록 조심합니다.



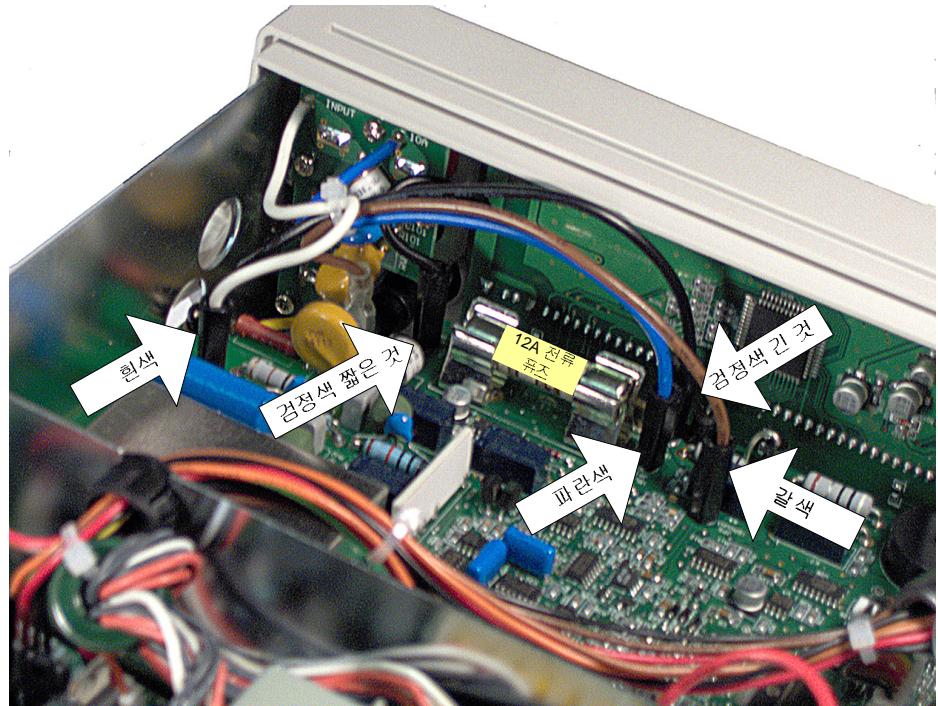
7 전면 패널을 고정하고 있는 나사 두 개를 끊습니다.



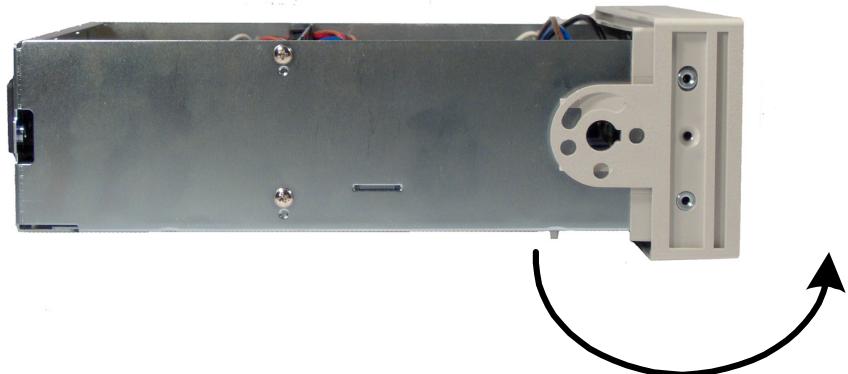
8 전면 패널에서 두 리본 케이블 커넥터를 빼냅니다.



9 아래 나와 있는 각각의 전면 패널 와이어를 분리합니다.

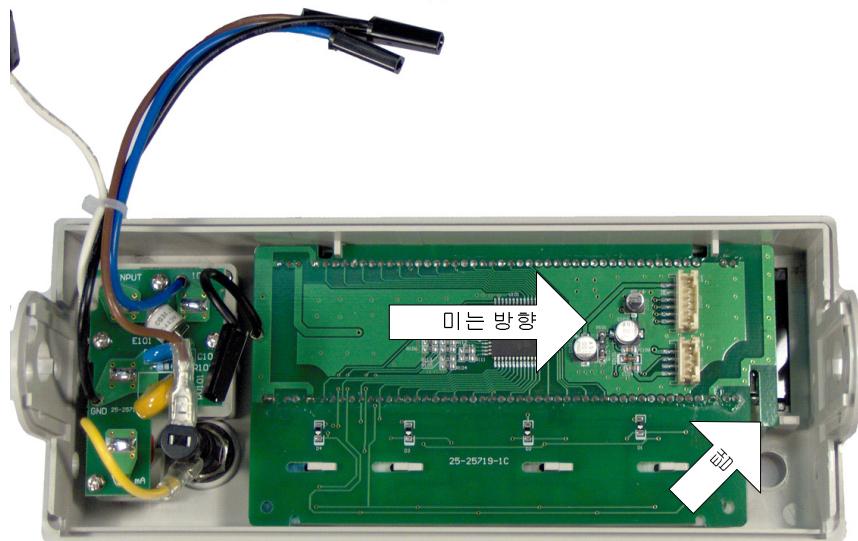


10 이제 충분히 전면 패널의 측면을 새시에서 들어올려 어셈블리를 분리해낼 수 있습니다.

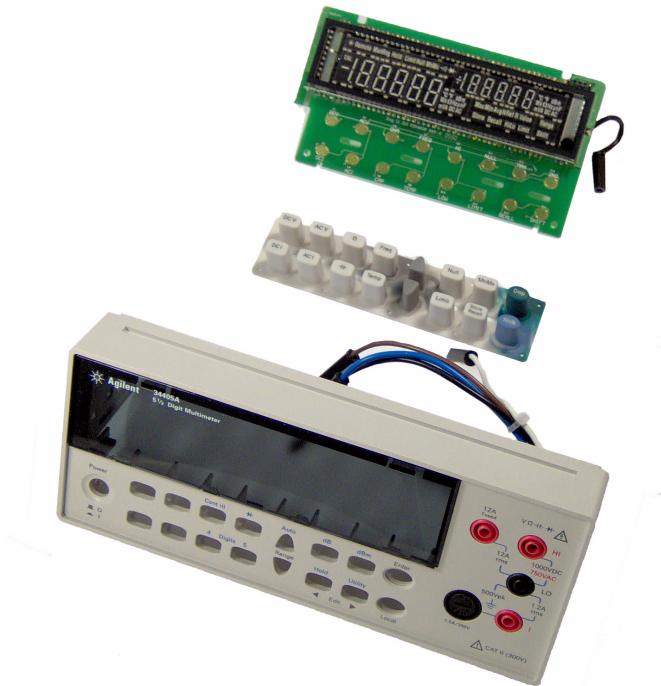


전면 패널 분해

- 1 키보드 및 디스플레이 어셈블리를 분리합니다. 일자 드라이버로 회로 보드 탭에서 조심스럽게 들어올려(아래 그림 참조) 보드를 탭에서 빼냅니다. 키보드와 디스플레이 어셈블리를 플라스틱 틀에서 들어올립니다.



a 그러면 플라스틱 틀에서 고무 키패드를 빼낼 수 있습니다.



교체 가능한 부품

이 단원에는 계측기용 교체 부품 주문 정보가 들어있습니다. 부품 목록은 다음과 같은 부분으로 구분합니다.

부품은 참조 지정자에 따라 영 숫자 순서로 나열되어 있습니다. 부품 목록에는 해당 애질런트 부품 번호와 함께 각 부품에 대한 간략한 설명이 적혀있습니다.

교체 부품 주문 방법

애질런트 부품 번호를 이용하여 애질런트에 교체 부품을 주문할 수 있습니다. 이 장에 나와 있는 부품 모두를 현장에서 교체할 수 있는 것은 아닙니다. 애질런트에 교체 부품을 주문하려면 다음과 같이 합니다.

- 1** 가까운 애질런트 영업소나 서비스 센터로 문의합니다.
- 2** 교체 부품 목록에 나와 있는 애질런트 부품 번호로 해당 부품을 식별합니다.
- 3** 계측기 모델 번호와 일련 번호를 알려줍니다.

표 23 교체 부품

부품 번호	설명
34405-81912	키패드
34405-40201	전면 패널
34405-43711	푸시 로드
34405-84101	덮개
34405-49321	전면 창
34401-86020	키트 범퍼
34401-45021	전면 손잡이
2110-1394	1.25A, 500V 퓨즈(I 입력)
2110-1396	15A, 600V Fast Acting 타입 퓨즈(12A 입력)
2110-1395	0.2A, 250V, Time-Lag 타입의 차단을 낮은 전원선 퓨즈

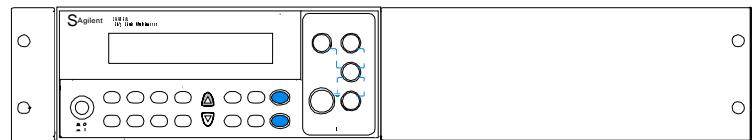
랙 장착

아래 나와 있는 세 옵션 키트 중 하나를 사용하여 표준 19인치 랙 캐비닛에 멀티미터를 장착할 수 있습니다.

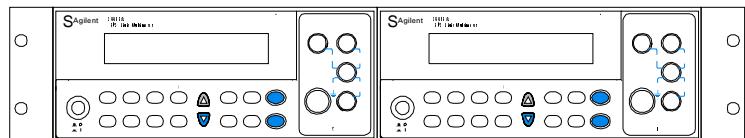
참 고

멀티미터를 랙에 장착하기 전에 운반용 손잡이([119 페이지](#) 참조)와 전면 및 후면 범퍼([120 페이지](#) 참조)를 분리해야 합니다.

계측기 한 대를 장착하려면 어댑터 키트 5063-9240을 주문합니다.



계측기 두 대를 나란히 장착하려면 락 링크 키트 5061-9694 및 플랜지 키트 5063-9212를 주문합니다.



5 분해 및 수리

6
사양

이 장에서는 멀티미터의 사양 및 작동 특성을 설명합니다.

- DC 사양^[1] [131](#)
- AC 사양^[1] [132](#)
- 온도 및 캐파시턴스 사양^[1] [133](#)
- 작동 사양 [135](#)
- 기타 측정 사양 [136](#)
- 일반 특성 [140](#)



전자기 간섭 및 정전기 충전이 없는 환경에서 34405A 멀티미터를 사용할 경우 이 사양이 적용됩니다.

전자기 간섭이나 큰 정전기 충전이 있는 환경에서 멀티미터를 사용할 경우에는 측정 정확도가 낮아질 수 있습니다.

특히 다음 사항을 주의합니다.

- 전압 측정 프로브가 차폐되어 있지 않아 안테나 역할을 하므로 전자기 인터페이스가 측정 신호에 추가될 수 있습니다.
- 정전기 방전이 4000V 이상이면 멀티미터가 일시적으로 반응을 멈춰 판독값 손실이나 오류가 발생할 수 있습니다.

참 고

사양은 사전 통보 없이 변경될 수 있습니다. 최신 사양에 대해서는 제품 페이지에서 확인합니다.

www.agilent.com/find/34405A

DC 사양 [1]

표 24 DC 정확도 ±(판독값의 % + 범위의 %)

기능	범위 [2]	테스트 전류 또는 부당 전압	입력 임피던스 [13]	1년	온도 계수
				$23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$
DC 전압	100,000mV	-	$10\text{M}\Omega \pm 2\%$	$0.025+0.008$	$0.0015+0.0005$
	1.00000V	-	$10\text{M}\Omega \pm 2\%$	$0.025+0.006$	$0.0010+0.0005$
	10.0000V	-	$10.1\text{M}\Omega \pm 2\%$	$0.025+0.005$	$0.0020+0.0005$
	100.00V	-	$10.1\text{M}\Omega \pm 2\%$	$0.025+0.005$	$0.0020+0.0005$
	1,000.0V	-	$10\text{M}\Omega \pm 2\%$	$0.025+0.005$	$0.0015+0.0005$
저항	100.000Ω	1.0mA	-	$0.05+0.008^{[3]}$	$0.0060+0.0008$
	1.00000kΩ	0.83mA	-	$0.05+0.005^{[3]}$	$0.0060+0.0005$
	10.0000kΩ	100μA	-	$0.05+0.006^{[3]}$	$0.0060+0.0005$
	100.000kΩ	10.0μA	-	$0.05+0.007$	$0.0060+0.0005$
	1.00000MΩ	900nA	-	$0.06+0.007$	$0.0060+0.0005$
	10.0000MΩ	205nA	-	$0.25+0.005$	$0.0250+0.0005$
	100.000MΩ	205nA $ 10\text{M}\Omega$	-	$2.00+0.005$	$0.3000+0.0005$
DC 전류	10.0000mA	<0.2V	-	$0.05+0.015$	$0.0055+0.0005$
	100,000mA	<0.2V	-	$0.05+0.005$	$0.0055+0.0005$
	1.00000A	<0.5V	-	$0.20+0.007$	$0.0100+0.0005$
	10.0000A	<0.6V	-	$0.25+0.007$	$0.0150+0.0005$
연속성	1000Ω	0.83mA	-	$0.05+0.005$	$0.0050+0.0005$
다이오드 테스트 [4]	1.0000V	0.83mA	-	$0.05+0.005$	$0.0050+0.0005$

AC 사양^[1]

표 25 AC 정확도 \pm (판독값의 % + 범위의 %)

기능	범위 [5]	주파수	온도 계수	
			1년 23°C ± 5°C	0°C - 18°C 28°C - 55°C
True RMS AC 전압^[6]	100.000 mV	20Hz - 45Hz	1+0.1	0.02+0.02
		45Hz - 10kHz	0.2+0.1	0.02+0.02
		10kHz - 30kHz	1.5+0.3	0.05+0.02
		30kHz - 100kHz ^[7]	5.0+0.3	0.10+0.02
		1.00000V ~ 750.00V	1+0.1 ⁽¹⁴⁾	0.02+0.02
	10.0000mA	20Hz - 45Hz	0.2+0.1	0.02+0.02
		45Hz - 10kHz	1+0.1	0.05+0.02
		10kHz - 30kHz	3+0.2 ⁽¹⁵⁾	0.10+0.02
		30kHz - 100kHz ⁽⁷⁾	0.02+0.03	0.02+0.02
		100mV ~ 750V	0.02+0.03	0.005
True RMS AC 전류^[8]	10.0000mA	<2Hz	0.04+0.03	0.005
		20Hz - 45Hz	0.02+0.03	0.005
		45Hz - 1kHz	0.02+0.03	0.005
	10.0000A	1kHz - 10kHz ^[9]	0.02+0.03	0.005
		<2Hz	0.02+0.03	0.005
		20Hz - 45Hz	0.02+0.03	0.005
	10mA ~ 10A	45Hz - 10kHz	0.02+0.03	0.005
		<2Hz	0.02+0.03	0.005
		20Hz - 45Hz	0.02+0.03	0.005
		45Hz - 10kHz	0.02+0.03	0.005

온도 및 캐패시턴스 사양^[1]

표 26 온도 및 캐패시턴스 정확도 ±(판독값의 % + 범위의 %)

기능	범위	프로브 유형 또는 테스트 전류	1년	온도 계수
			23°C ± 5°C	0°C - 18°C 28°C - 55°C
온도	-80.0°C ~ 150°C	5 kΩ 서미스터 프로브	프로브 정확도 + 0.2°C	0.002 °C
	-110.0°F ~ 300.0°F	5 kΩ 서미스터 프로브	프로브 정확도 + 0.4°F	0.0036 °F
캐패시턴스	1,000nF	0.75µA	2+0.8	0.02+0.001
	10.00nF	0.75 µA	1+0.5	0.02+0.001
	100.0nF	8.3µA	1+0.5	0.02+0.001
	1.000µF - 100.0µF	83µA	1+0.5	0.02+0.001
	1000µF	0.83mA	1+0.5	0.02+0.001
	10,000µF	0.83mA	2+0.5	0.02+0.001

[1] 30분 예열, 5% 디지트 분해능 및 교정 온도 18°C - 28°C에 대한 사양입니다.

[2] 1000Vdc를 제외한 모든 범위에서 범위의 20% 초과.

[3] 수학 Null을 사용하는 2와이어 옴에 대한 사양입니다. 수학 Null이 없으면 0.2Ω 추가 오차가 발생합니다.

[4] 입력 단자에서 측정하는 전압에 대한 전용 사양입니다.

[5] 750VAC를 제외한 모든 범위에서 범위의 20% 초과.

[6] 정현파 입력 > 범위의 5%인 경우의 사양입니다. 최대 파고율: 폴 스케일에서 3.

[7] 주파수로 추가될 추가 오차 > 30kHz, 신호 입력 < 범위의 10%. 30kHz ~ 100kHz: kHz 당 폴 스케일의 0.003%.

[8] 12A 단자의 경우 10A DC 또는 AC RMS 연속, > 10A DC 또는 AC RMS 30초간 ON, 30초간 OFF.

[9] 1A 및 10A 범위의 경우 주파수는 5kHz 미만에 대해 확인합니다.

[10] 30분 예열(0.1초 개구면 이 용)에 대한 사양입니다. 주파수는 0.5V 신호에서 100mV/1V 범위 까지 1Mhz로 측정될 수 있습니다.

[11] 20Hz - 10kHz일 경우, 감도는 별다른 지시사항이 없는 한 범위의 10%에서 120%까지의 AC 입력 전류입니다.

[12] 100kHz ~ 300kHz일 경우, 감도는 750V 범위를 제외하고 범위의 12%~120%입니다.

[13] 입력 임피던스는 < 120pF 캐패시턴스와 병렬입니다.

[14] 입력 < 200V rms인 경우

[15] 입력 < 300V rms인 경우

작동 사양

표 27 작동 사양

기능	디지트	판독값 속도 ^[1]	기능 변경(초) ^[2]	범위 변경(초) ^[3]	자동 범위(초) ^[4]	판독 속도 USB에서 ^[5]
DCV, DCI	5½	15/s	0.6	0.7	2.2	8/s
	4½	70/s	0.6	0.7	2.2	19/s
ACV, ACI	5½	2.5/s	5.0	2.2	6.1	1/s
	4½	2.5/s	5.0	2.2	6.1	1/s
주파수 ⁽⁶⁾	5½	9/s	7.0	2.5	6.1	1/s
	4½	9/s	7.0	2.5	6.1	1/s

[1] A/D 컨버터 판독 속도.

[2] 2와이어 저항에서 이 지정 기능으로 변경하는데 걸리는 시간과 SCPI “FUNC” 및 “READ?” 명령을 사용하여 4.5 디지트에서 최소 1회 판독하는데 걸리는 시간.

[3] 한 범위에서 그 다음 높은 범위로 변경하는데 걸리는 시간과 SCPI “FUNC” 및 “READ?” 명령을 사용하여 4.5 디지트에서 최소 1회 판독하는데 걸리는 시간.

[4] 범위를 자동 변경하는데 걸리는 시간과 SCPI “CONF AUTO” 및 “READ?” 명령을 사용하여 4.5 디지트에서 최소 1회 판독하는데 걸리는 시간.

[5] SCPI “READ?” 명령으로 USB를 통해 판독할 수 있는 초당 측정 회수.

[6] 판독 속도는 >10Hz 신호 주파수에 따라 달라집니다.

기타 측정 사양

표 28 기타 측정 사양

DC 전압

- 측정 방법:
 - 시그마 델타 A/D 컨버터
 - 입력 저항:
 - $10M\Omega \pm 2\%$ 범위(기본)
 - 입력 보호:
 - 모든 범위에서 1000V(HI 터미널)
-

저항

- 측정 방법:
 - 2와이어 옴
 - 개방 회로 전압:
 - < 5V로 제한
 - 입력 보호:
 - 모든 범위에서 1000V(HI 터미널)
-

DC 전류

- 갈래 저항:
 - $0.1\Omega \sim 10\Omega$ (10mA ~ 1.2A 범위일 경우)
 - 0.01Ω (12A 범위일 경우)
- 입력 보호:
 - 1터미널의 전면 패널 1.25A, 500V 퓨즈
 - 12A 터미널의 내부 15A, 600V 퓨즈

표 28 기타 측정 사양

연속성/다이오드 테스트

- 측정 방법:
 - $0.83\text{mA} \pm 0.2\%$ 정전류 소스, $< 5\text{V}$ 개방 회로 전압 사용
 - 응답 시간:
 - 가정 톤으로 초당 70개 샘플
 - 연속성 임계 값:
 - 10Ω 고정
 - 입력 보호:
 - 1000V (HI 터미널)
-

온도

- 측정 방법:
 - 컴퓨터 변환으로 $5\text{k}\Omega$ 서미스터 센서(YSI 4407)의 2와이어 옴 측정
 - 자동 범위 조정 측정, 수동 범위 선택 안 함.
 - 입력 보호:
 - 1000V (HI 터미널)
-

측정 노이즈 제거

- $1\text{k}\Omega$ 불균형 LO 리드의 CMR(Common Mode Rejection)
 - DC 120dB
 - AC 70dB
 - $60\text{Hz}(50\text{Hz}) \pm 0.1\%$ 의 NMR(Normal Mode Rejection)
 - 5% 디지트 $65\text{dB}(55\text{dB})$
 - 4% 디지트 0dB
-

AC 전압

- 측정 방법:
 - AC 커플링 True RMS - 어느 범위에서도 바이어스가 최고 400VDC 인 AC 성분을 측정

표 28 기타 측정 사양

- 파고율:
 - 풀 스케일에서 최고 5:1
 - 입력 임피던스:
 - 모든 범주에서 $<100\text{pF}$ 와 병렬인 $1\text{M}\Omega \pm 2\%$
 - 입력 보호:
 - 모든 범위에서 750V RMS(HI 터미널)
-

AC 전류

- 측정 방법:
 - 퓨즈 DC 커플링 및 전류 분로, AC 커플링 True RMS 측정(AC 성분만 측정)
 - 갈래 저항:
 - $0.1\Omega \sim 10\Omega$ (10mA ~ 1.2A 범위일 경우)
 - 0.01Ω (12A 범위일 경우)
 - 입력 보호:
 - 외부에서 접근할 수 있는 I 터미널의 1.25A, 500V FH 퓨즈
 - 12A 터미널의 내부 15A, 600V 퓨즈
-

주파수

- 측정 방법:
 - 역 계수기법 AC 전압 기능을 사용한 AC 커플링 입력.
- 신호 레벨:
 - 모든 범위의 풀 스케일 입력에서 범위의 10%
 - 자동 또는 수동 범위 선택
- 게이트 타임:
 - 0.1초나 입력 신호 1주기 중 긴 쪽
- 입력 보호:
 - 모든 범위에서 750V RMS(HI 터미널)

표 28 기타 측정 사양

수학 기능

- Null, dBm, dB, Min/Max/Avg, Hold, Limit 테스트
-

트리거링 및 메모리

- 단일 트리거, 1회 판독 메모리
-

원격 인터페이스

- USB 2.0 최고 속도, USBTMC급 장치(USB를 통한 GPIB)
-

프로그래밍 언어

- SCPI, IEEE-488.1, IEEE-488.2
-

일반 특성

표 29 일반 특성

전원 공급기

- 100V/120V(127V)/220V(230V)/240V ± 10%
- AC 라인 주파수 45Hz - 66Hz 및 (360Hz - 440Hz, 100/120V 작동)

전력 소비

- 최고 16VA, 평균 <11W

작동 환경

- 0° C ~ 55° C에서의 최고 정확도
- 30° C(비응축)에서 상대습도 80% 까지 최고 정확도
- 최고 고도 3000m

보관 온도

- - 40° C ~ 70° C

안전 표준 부합

- IEC/EN/CSA/UL 61010-1 2nd Edition에 대해 CSA의 인증을 받음

측정 범주

- CAT II, 300V: CAT I 1000Vdc, 750Vac rms, 2500Vpk transient 과전 압
- 오염 등급 2

EMC 표준 부합

- 1그룹 A급에 대해 IEC/EN 61326: 2002, CISPR 11 등의 인증을 받음

충격 및 진동

- IEC/EN 60086-2에서 테스트

크기 (HxWxD)

- 랙: 88.5mm x 212.6mm x 272.3mm
- 벤치: 103.8mm x 261.1mm x 303.2 mm

표 29 일반 특성

무게

- 약 3.75kg(8.27lb.)
-

예열 시간

- 30분
-

품질보증

- 1년
-

총 측정 오차 계산 방법

멀티미터의 정확도 사양은 판독값의 % + 범위의 % 형태로 표현합니다. 판독 오차 및 범위 오차 외에도 특정 작동 조건에서 추가 오차가 발생할 수도 있습니다. 아래 목록을 확인하여 해당 기능에 대해 측정 오차를 모두 포함시켰는지 확인합니다. 또한 사양 페이지 주석에서 설명한 대로 조건을 적용하도록 합니다.

- 지정 온도 범위를 벗어난 멀티미터를 작동하고 있다면 추가 온도 계수 오차를 반영합니다.
- AC 전압 및 AC 전류 측정 시 저주파수 오차나 파고율 오차를 더해야 하는 경우도 있습니다.

정확도 사양

전송 정확도

전송 정확도는 노이즈 및 단기간 드리프트로 인해 멀티미터에 발생하는 오차를 가리킵니다. 이 오차는 한 장치에서 파악한 정확도를 다른 장치로 "전송"할 목적으로 거의 동일한 두 신호를 비교할 때 분명해집니다.

1년 정확도

이 장기 정확도 사양은 교정 온도(T_{cal}) $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 온도 범위에서 유효합니다. 이 사양에는 초기 교정 오차와 멀티미터의 장기 드리프트 오차가 포함됩니다.

온도 계수

정확도는 보통 교정 온도(T_{cal}) $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 온도 범위에서 지정합니다. 이는 대부분의 작동 환경에 있어서 일반적인 온도 범위입니다. $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 온도 범위를 벗어나 멀티미터를 작동하고 있다면 정확도 사양에 온도 계수 오차를 추가해야 합니다(사양은 $^{\circ}\text{C}$ 기준).

최고 정확도 측정에 맞는 구성

아래 나와 있는 측정 구성은 멀티미터가 가동 상태이거나 리셋 상태로 되어 있다는 것을 전제로 합니다. 또한 적합한 풀 스케일 범위 선택을 보장하기 위해 자동 범위 조정 기능이 선택되어 있다는 것을 전제로 합니다.

- 5% 디지트를 선택합니다.
- 2와이어 옴 측정을 위해 그리고 DC전압 측정의 상호 연결 오프셋을 없애기 위해 테스트 리드 저항을 제거합니다.

색인

A

- AC 전류
 - 검증 테스트, 83
 - 개인 조절 절 차, 101
 - 성능 검증 테스트, 85
- AC 전류 측정
 - 오차, 66
- AC 전압
 - 검증 테스트, 82
 - 개인 조절 절 차, 99
 - 성능 검증 테스트, 84
- AC 전압 측정
 - 부하 오차, 65
 - 오차, 59
- AC 정확도, 132
- AC 사양, 132

B

- bEEP, 41

C

- CodE, 41

D

- dB, 34
- dBm, 33
- DC 전류
 - 개인 검증 테스트, 79
 - 개인 조절 절 차, 98
- DC 전류 측정
 - 오차, 62

DC 전압

개인 검증 테스트, 78

개인 조절 절 차, 96

DC 전압 측정

열 EMF 오차, 54

오차, 54

DC 정확도, 131

DC 사양, 131

T

tEST, 41

True RMS, 59

U

USB 인터페이스, 20

USB 인터페이스 구성 및 연결, 20

Utility, 41

Z

°unit, 41

가

값 편집, 45

검증 테스트, 75

검증 테스트 개요, 73

개인

검증, 78

조절, 95

조절 시 고려 사항, 95

조절 절 차, 96

계측기 상태 저장 및 불러오기, 46

고전압 자기 발열 오차, 65

교정

개요, 68

메시지, 108

서비스, 68

소요 시간, 69

오류, 110

절 차, 90

주기, 68

차수, 108

교정 소요 시간, 69

M

ManRng 표시부, 27

N

NMR, 55

P

P-On, 41

S

SCPI

명령, 20

언어 버전, 20

StorE, 41

색인

교정 시 계측기 잠금 해제, 88

교정 차수 읽기, 108

교체

전류 입력 퓨즈, 116

전원선 퓨즈, 115

교체 가능한 부품, 126

교체 부품 주문, 126

구성 가능한 설정, 42

권장 테스트 장비, 70

기간 측정

오차, 62

기계적 분해, 119

기술 라이센스, 2

기타 측정 사양, 136

나

납품용 재포장, 114

내용물 확인, 15

노이즈, 55, 56, 66

다

다이오드 점검, 25

덮개를 닫은 상태에서의 전자

교정, 68

디스플레이 살펴보기, 18

라

라인 퓨즈, 115

랙 장착, 127

리셋/시동 상태, 48

마

매뉴얼 부품 번호, 2

멀티미터

트리거링, 50

멀티미터 전원 연결, 15

멀티미터 트리거링, 50

무게, 141

바

버스 트리거링, 50

범위 선택, 27

보관 온도, 140

보조 디스플레이, 38

보조 디스플레이에서 값 편집, 45

보호 한계, 4

부담 전압, 66

부품, 126

부하 오차, 65

분해, 119

빠른 검증, 73

빠른 성능 점검, 74

사

사양, 143

설명해 놓은, 142

전송 정확도, 143

상태 저장, 46

설명해 놓은 정확도 사양, 142

설정

분해능, 29

신호기, 43

성능 검증 테스트, 73, 75

성능 검증 테스트 개요, 73

세척, 114

소프트웨어 개정판, 2

소프트웨어 트리거링, 50

손잡이 조절, 16

수학 연산, 32

수학 연산 및 보조 디스플레이, 40

수학 표시부, 37

시동 상태, 48

신호기, 43

아

안전

고지 사항, 2

기호, 3

정보, 3

표준 부합, 140

애질란트 34405A 멀티미터 소개, 14

애질란트테크놀로지스 교정

서비스, 68

연속성 테스트, 25

열 EMF 오차, 54

영점, 33

조정, 93

예열 시간, 141

예열 시간, 교정, 71

오류, 41, 117

오류 메시지, 42

오류 메시지 읽기, 42

오류, 교정, 110

온도

및 캐패시턴스 정확도, 133

및 캐패시턴스 사양, 133

온도 계수(및 정확도), 143

온도 측정

오차, 64

옵션

AC 전류 성능 검증 테스트, 85

AC 전압 성능 검증 테스트, 84

검증 테스트, 73

캐패시턴스 성능 검증 테스트, 86

원격 작동, 20

유ти리티 메뉴, 41

유효한 개인 조절 입력 값, 95

일반 분해, 119

일반 특성, 140

입력 값, 95

입력 연결, 72

입력 터미널 보호 한계, 4

자

자가 테스트, 73
 자기 루프 노이즈, 55
 자동 범위 임계값, 28
 작동 점검표, 112
 작동 특성, 135
 작동 환경, 140
 장착, 랙, 127
 저장된 상태 불러오기, 47
 저항 개인 검증 테스트, 80
 저항 개인 조절 절차, 103
 저항 측정
 고저항 오차, 58
 오차, 57
 적합성 선언, 5
 전력
 소모, 57
 소비, 140
 전류 입력 퓨즈, 116
 전면 패널
 살펴보기, 17
 잠금 해제, 89
 조절, 91
 전면 패널에서 계측기 잠금 해제, 89
 전송 정확도, 143
 전원
 공급기, 140
 전원선 노이즈, 제거, 55
 전원선 퓨즈, 115
 전자 교정, 68
 접지 루프, 56
 정전기 방전(ESD) 예방 조치, 118
 정확도, 144
 제로
 오프셋 검증, 75
 오프셋 검증 테스트, 75
 제한적 권리 설명문, 2
 조절, 93
 조절 값 입력, 91

조절 모드 선택, 91
 조절 시 전면 패널 사용, 91
 조절 완료, 108
 조절, 완료, 108
 주기, 교정, 68
 주파수 개인 검증 테스트, 81
 주파수 개인 조절 절차, 104
 주파수 측정
 오차, 62
 즉시 트리거링, 50
 진행 중인 교정 종단, 92

자

총 측정 오차, 142
 총 측정 오차 계산, 142
 최대/최소, 34
 충격 및 진동, 140
 측정, 22
 AC 또는 DC 전압, 22
 온도, 26
 저항, 23
 주파수, 24
 최고 1.2A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류, 23
 최고 12A까지의 AC(RMS) 또는 DC 전류, 24
 캐패시턴스, 26
 측정 기능 및 보조 디스플레이, 38
 측정 노이즈 제거, 137
 측정 범주, 140

측정 오차, 142
 고저항 측정, 58
 노이즈, 55
 로우 레벨 측정, 66
 부담 전압, 66
 부하, 65
 열 EMF, 54
 자기 루프, 55
 자기 발열, 65
 전력 소모, 57
 접지 루프, 56
 테스트 리드 저항, 57
 폴 스케일 미만, 65

카

캐패시턴스
 개인 조절 절차, 106
 성능 검증 테스트, 86
 사양, 133
 캐패시턴스 측정
 오차, 63
 크기(HxWxD), 140

타

테스트
 고려 사항, 71
 장비, 70
 테스트 리드 저항, 57
 통합 시간, 55
 트리거링, 50
 버스, 50
 소프트웨어, 50
 즉시, 50
 사양, 작동, 135

파

편집, 2
 품질보증, 2, 141

색인

하

한계값, 35

홀드, 36

후면 패널 살펴보기, 19