

목 차

제 품 설 명

1. 소개	5
2. 규격	6
3. 선택 사양	8
4. 수동 소자	8
5. 기본 동작 요령	9
6. 직·병렬 회로 모델	10
7. 보통의 장비설정	11
8. 기본동작 원리	12
9. 명령어 LIST	13
10. 상태 BYTE의 정의	14

사 용 방 법

1. 전면부 설명	15
2. 후면부 설명	22
3. 시험 환경	23
3-1. 초기 환경	23
3-2. 시험 환경 설정	23
3-3. 상태의 저장과 환원	30
3-4. 부품의 연결	30
4. OPEN 및 SHORT 회로의 교정	32
5. BINNING WORKSHEET	33
5-1. BINS의 설정	34
5-2. 예제	35
5-3. BINNING	36
5-4. OPTION 01 : GPIB / HANDLER 인터페이스	37

확 도

1. 세부적인 정확도 명세	39
1-1. 환경	39
1-2. 정확도 방정식	39
1-2-1. 임피던스 정확도	39
1-2-2. R + Q 정확도	41
1-2-3. L + Q 정확도	42
1-2-4. C + D 정확도	43
1-2-5. C + R 정확도	44

목 차

REMOTE PROGRAMMING

1. 소개	45
2. GPIB 통신	45
3. RS232 통신	45
4. 전면판 LED	46
5. 명령어 구조	46
6. 프로그램 오류	47
7. 세부명령어 목록	47
7-1. 측정상태 설정명령	47
7-2. 측정제어 명령	48
7-3. 측정결과 명령어	49
7-4. BINNING 명령	51
7-5. 설정과 제어명령	52
7-6. 상태보고 명령	52
7-7. HARDWARE 시험과 교정명령	53
8. 상태 BYTE의 정의	56

성능 시험

1. 성능 확인	57
2. 기능 시험	57
3. 성능 시험	59
4. 9216A 성능시험 결과	63

교 정	65
-----------	----

성능 시험

1. 오류 페이지	69
-----------------	----

부 록

1. RS-232C SWITCH SETTING & EXAMPLE PROGRAM	73
---	----

소 개

9216A Digital LCR Meter는 여러 주파수를 가지고 저항, 캐패시터, 인덕턴스를 측정하는 기기이다. 본 기기의 기본 정확도(Basic Accuracy)는 0.05%이며 5개의 측정주파수를 가진다.

본 기기 LCR Meter는 고속의 마이크로프로세서에 의해서 동작되며 표시부, KEY 입력부, RS232와 GPIB 인터페이스와 Handler 인터페이스를 제공하며 또한, 측정조건 설정과 연산을 행한다. 부가적으로 비휘발성 기억장치에 의해 9개의 설정상태를 기억한다.

보 증 범 위

본 기기는 엄격한 품질관리 및 검사를 거쳐서 출하되어 시판된 것입니다. 정상적인 사용상태에서 고장이 발생한 경우에는 본 취급설명서에 첨부되어 있는 "보증서"의 기재 내용에 근거하여 수리해 드립니다.

아 프 터 서 비 스

본 기기는 각종 사용상태를 고려하여 만든 제품이므로, 여러가지 환경시험을 실시, 보다 좋은 가동상태를 얻을 수 있도록 설계, 제작, 검사되어 있습니다. 만일, 고장의 경우는 당사 영업소, 구입하신 대리점에 연락하신 후 애프터 서비스를 받을 수 있도록 부탁드립니다.

규 격

표 시 부	측정 Mode	AUTO, R+Q, L+Q, C+D, C+R	
	등가 회로	직렬, 병렬	
	표시되는 변수	측정값, 편차, %편차, Bin Number 편차 및 %편차는 내부에 저장되어 있는 값에 대한 연산 결과임.	
	평균 측정	2 ~ 10번 측정에 대한 평균치 표시	
	측정 범위	R + Q	R 0.0001Ω ~ 2000MΩ Q 0.00001 ~ 50
	L + Q	L 0.0001 μH ~ 99999H Q 0.00001 ~ 50	
	C + D	C 0.0001pF ~ 99999 μF D 0.00001 ~ 10	
	C + R	C 0.0001pF ~ 99999 μF R 0.00001 ~ 99999kΩ	
측정조건	측정 주파수	100Hz, 120Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz	
	주파수 확도	±100ppm.	
	측정 전압	0.1V, 0.25V, 1Vrms 또는 0.1V~1V 연속 가변 (50mV 간격)	
	측정 전압 확도	±2%	
	측정 속도	SLOW, MEDIUM, FAST 측정주파수 1kHz 이상에선 초당 2, 10, 20번 측정 100Hz, 120Hz에선 초당 약 0.6, 2.4, 6번 측정	
	측정 범위	자동 또는 수동	
	트리거	연속, 수동, 또는 RS232, GPIB, Handler 인터페이스를 통한 외부 트리거	
	바이어스 전압	내부 → 2.0 Vdc ±2% 외부 → 0 ~ +40 Vdc (0.25A Fuse)	

정 확 도	필요 조건	최소 30분 예열, 23±5℃					
	기본 정확도	0.05% 【정확도에 대한 자세한 서술은 정확도 부분 참조】					
아래의 표는 대표적인 범위에서의 정확도를 간략화 시켜 놓았다.							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>정 확 도</th> <th>측 정 범 위</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1% 이상</td> <td>0.125Ω < R < 16MΩ 2.5μH < L < 25kH 1.25pF < C < 12.8mF</td> </tr> <tr> <td>21mΩ < R < 96MΩ 420nH < L < 150kH 0.21pF < C < 77mF</td> </tr> </tbody> </table>			정 확 도	측 정 범 위	1% 이상	0.125Ω < R < 16MΩ 2.5μH < L < 25kH 1.25pF < C < 12.8mF	21mΩ < R < 96MΩ 420nH < L < 150kH 0.21pF < C < 77mF
정 확 도	측 정 범 위						
1% 이상	0.125Ω < R < 16MΩ 2.5μH < L < 25kH 1.25pF < C < 12.8mF						
	21mΩ < R < 96MΩ 420nH < L < 150kH 0.21pF < C < 77mF						
	위의 정확도를 만족하기 위해서는 다음과 같은 조건이 되어야한다.						
<ol style="list-style-type: none"> 1 1.0, 0.5, 0.25V 의 출력전압 2 Slow 또는 Medium의 측정속도 3 R 과 C 측정시에는 Q 와 D가 0.1이하 4 L 측정시에는 Q가 10이상 5 R 측정시에는 측정주파수가 100Hz, 120Hz, 1kHz중 하나여야 한다. 6 Lmax와 Cmax에서는 측정주파수가 100Hz 7 Lmin과 Cmin에서는 측정주파수가 10KHz 							
특 징	측정 단자	4단자 회로망의 BNC 단자					
	보호 회로	충전되어진 콘덴서 측정시 1주울의 에너지에 대하여 보호 회로가 내장되어 있다. 바이어스 전류는 0.25A Fuse로 보호된다.					
	영점 조정	Open 및 Short 교정에 의한 보상					
	보상의 한계	Short : R < 20Ω, Z < 50Ω Open : Z > 10kΩ					
	BINNING	전면판 또는 컴퓨터 인터페이스를 통하여 정의된 8개의 Pass Bin, QDR과 일반불량 Bin. Binning 설정은 비휘발성 메모리에 저장할 수 있다.					
	자체 시험	ROM, CPU, 비휘발성 메모리, 클럭 발생기, A/D 변환기, 내부바이어스, 배율기, 출력구동 회로, 증폭회로, 출력저항 시험					
	저장과 환원	9가지의 장비상태 저장 및 불러오기(0번은 디폴트값)					
	RS232 인터페이스	장비의 모든 기능을 인터페이스를 통하여 제어 또는 값을 읽을수 있다.					
일반사항	동작 환경	0 ~ 50℃, 상대습도 80% 이하					
	소비 전력	20Watts (115/230VAC, 50/60Hz)					
	크 기	109 x 363 x 386 (H x W x D)					
	무 게	5.8Kg					
	보증 기간	1년					

GPIB/HANDLER : GPIB(IEEE - 488) Handler
 GPIB Handler Handler Binning
 DB25 Male
 Negative Edge Trigger , ±15V

KELVIN CLIPS : Radial Fixture

SMD :

RADIAL FIXTURE : Radial Axial Fixture
 BNC

) (, ,) () (,
 가

, 120Hz, C+R
 ESR(가 , Equivalent Series Resistance)

기본 동작 요령

이 장은 9216A Digital LCR Meter로 측정을 시작하는 사용자가 Digital LCR Meter의 몇 가지 기능들과 친숙해지기 위해 구성되어 있다.

9216A를 동작시키기 위해서는 먼저, 전원 전압 선택 스위치가 바르게 선택되어 있는지 확인한다. 또한, Fixture 안에 어떤 부품도 꽂혀있지 않아야 한다. (만약 Fixture 안에 부품이 꽂혀있을 경우 자체진단 중 오류가 발생됨) 전원 입력부에 전원선을 연결한 후 전원 입력부 옆에 위치한 전원 스위치를 ON한다.

장비는 Display에 '9216'을 3초간 표시한 후 자체진단 절차를 시작하며, 모든 시험이 이상없을 경우에는 Display에 'Test Pass'라고 표시된다. 만약 오류가 발생했을 경우에는 Display에 표시되는 오류를 이 설명서의 고장수리 부분을 참조하여 사용하기 바란다.

사용자가 장비를 초기화 하고자 할 때에는 [RCL] [0] [Enter]를 누르면 아래와 같이 초기상태로 설정된다.

▼ 초기화 상태

Parameter	AUTO
Frequency	1kHz
Drive Voltage	1.0Vrms
Bias	OFF
Measurement Rate	SLOW
Averaging	OFF
Range Hold	OFF
Equivalent Circuit	SERIES
Trigger Mode	CONT
Binning	OFF

초기설정이 끝난 후 Fixture에 부품을 연결하여 측정을 시작할 수 있다.

장비는 Fixture에 어떤 종류의 부품(R,L,C)이 연결되어 있는지 자동으로 결정되며, 적절한 Range와 단위로 전환되어 측정값이 표시된다.

측정을 위해 상태를 변화하고자 할 때에는, 적절한 키를 누른 후 쉽게 변화할 수 있으며, 자세한 내용은 이 설명서의 사용방법을 참고한다. 만약 부품의 종류에 따라 Fixture를 변경했을 경우에는 Open 및 Short 교정을 실시해야만 정확한 측정을 할 수 있다. 자세한 실시방법은 사용방법에서 설명된다.

만약 부품의 리드가 많이 더럽혀졌거나 왁스등에 의해 코팅이되어있을 경우에는 깨끗이 세척한 후에 Fixture에 연결하여야 한다. 외부나 내부의 바이어스를 이용해서 콘덴서를 측정할 경우는, 반드시 Fixture 위에 표시된 극성에 맞게 연결한 후 측정해야 한다.

직 병렬 회로 모델

$$Z_s = R_s + j\omega L_s = R_s(1 + jQ) = \omega L_s \left(\frac{1}{Q} + j \right)$$

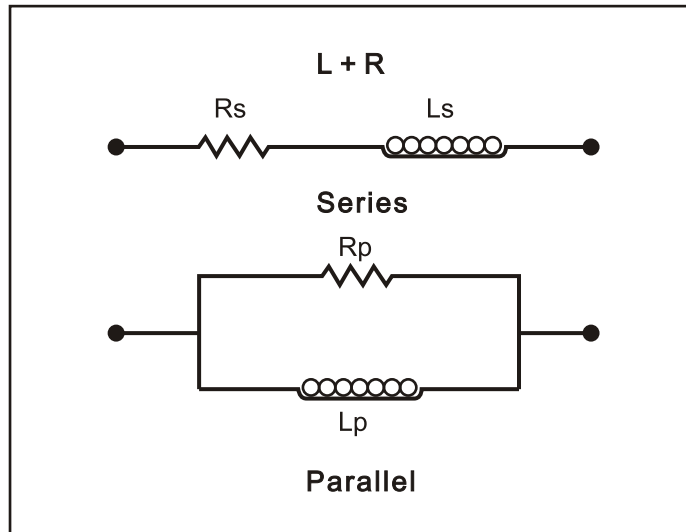
$$Z_p = \frac{j\omega L_p R_p}{R_s + j\omega L_p} = \frac{R_p(1 + jQ)}{1 + Q^2}$$

$$Q_p = \frac{R_p}{\omega L_p} = \omega \frac{L_s}{R_s} \quad Q = \frac{1}{D}$$

$$L_s = \frac{Q^2}{1 + Q^2} L_p \quad R_s = \frac{\omega L_s}{Q} \quad R_p = Q\omega L_p$$

$$R_p = \frac{1}{G_p} \quad B_p = -\frac{1}{\omega L_p}$$

$$Y = G_p - \frac{j}{\omega L_p}$$



$$Z_s = R_s - j\frac{1}{\omega C_s} = \frac{1}{\omega C_s} (D - j) = R_s \left(1 - \frac{j}{D} \right)$$

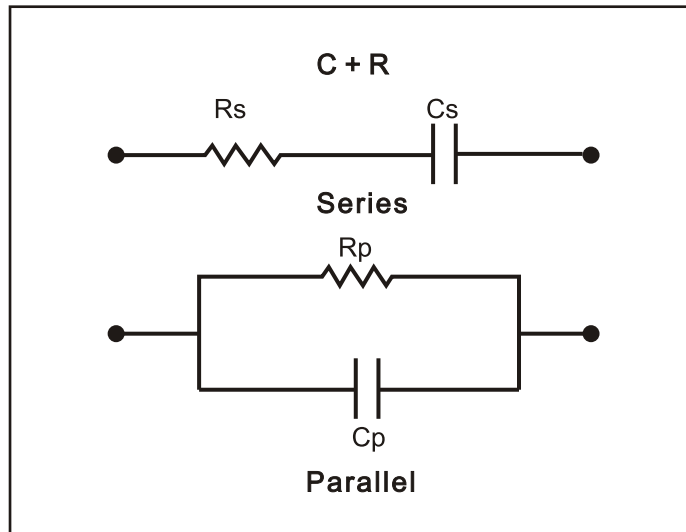
$$Z_p = \frac{R_p}{1 + j\omega R_p C_p} = \frac{D^2 R_p + \frac{1}{j\omega C_p}}{1 + D^2}$$

$$D = \omega R_s C_s = \frac{1}{\omega R_s C_p} \quad D = \frac{1}{Q}$$

$$C_s = (1 + D^2) C_p \quad R_s = \frac{D^2}{1 + D^2} R_p$$

$$R_p = \frac{1}{G_p} \quad B_p = \omega C_p$$

$$Y = G_p + j\omega C_p$$



커패시터의 R_s 는 종종 ESR 또는 직렬 등가저항으로 나타낸다. 그것은 유전체의 흡수와 리드의 저항손실을 포함하며, 종종 스위치모드 전원장치(SMPS)에 사용되는 전해 콘덴서의 데이터에 표기된다. 높은 주파수에서 ESR은 커패시터 성능의 제한요소가 된다. Q(Quality Factor)는 무효 임피던스와 유효 임피던스와의 비율이 된다. 인덕턴스에서 높은 Q 값은 반응성이 좋은 순수한 부품임을 표시하며, 낮은 Q 값은 순수한 저항에 가깝다. 또한 Q는 주파수에 따라 변한다. Q는 인덕터를 표현하는 공통적인 방법이 된다.

손실계수 D(Dissipation Factor)는 $1/Q$ 와 같이 정의할 수 있으며, 유효 임피던스와 무효 임피던스의 비율이 된다.

낮은 D 값은 순수한 커패시터에 가깝다는 것을 나타낸다. D는 모든 종류의 커패시터를 설명하는 공통의 방법이 된다.

보통의 장비설정

아래의 표는 여러 종류의 부품을 측정시 적절한 장비의 설정을 나타내었다.

부품의 종류	값	파라메타	등가회로	주파수
알지 못할 때	-	AUTO	Series	1kHz
저 항	$< 1k\Omega$	R + Q	Series	1kHz
	$> 1k\Omega$	R + Q	Series	100 or 120Hz
인 덕 터	$< 10\mu H$	L + Q	Series	100kHz
	$10\mu H \sim 1mH$	L + Q	Series	10kHz
	$1mH \sim 1H$	L + Q	Series	1kHz
	$> 1H$	L + Q	Series	100 or 120Hz
커패시터	$< 10pF$	C + D	Parallel	10kHz
	$10pF \sim 400pF$	C + D	Series or Parallel	10kHz
	$400pF \sim 1\mu F$	C + D	Series	1kHz
	$> 1\mu F$	C + R or C + D	Series	100 or 120Hz

(일반적인 부품의 측정을 위한 설정)

9216A는 부품의 양단에 인가된 전압과 부품을 통하여 흐르는 전류를 측정하여 부품의 임피던스를 측정한다. 전압과 전류의 복합적인 비율이 임피던스가 된다.

프로세서는 R, C, L, D, Q 등의 여러가지 값을 연산하여 표시해 준다.

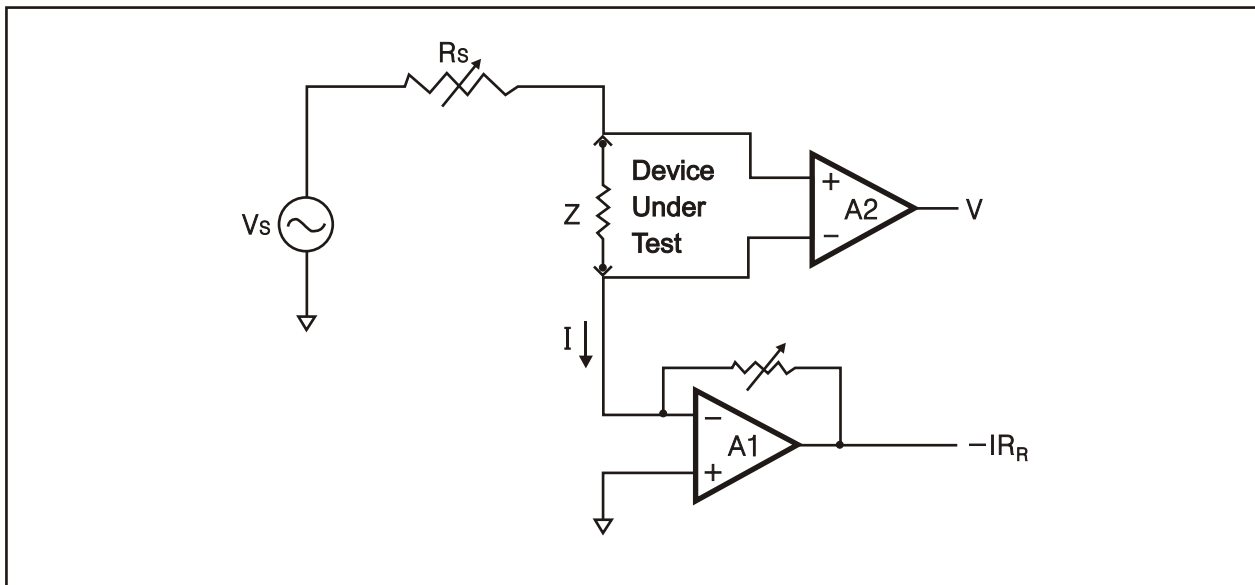
기본 동작원리

부품 양단의 전압은 V_s 에 의해 발생하며, 이 V_s 는 전압 및 주파수 모두를 설정할 수 있다. 이 전압은 Range에 따라 변하는 내부저항 R_s 를 지나 측정중인 부품에 공급된다. 전류의 흐름은 A1의 가상접지를 지나 전류 변환 저항인 R_r 를 지나게 된다. A1의 출력은 전류에 비례하는 신호가 나오며 $I \times R_r$ 의 비율을 가진다. 켈빈 측정법에 의한 4단자 회로에 의한 방법으로 부품의 전압을 측정한다.

유효 신호와 무효 신호는 기준 전압 V_s 와 동상인 신호와 90도의 위상차를 갖는 신호를 측정 전압 전류에 각각 곱하여 얻어진다.

이 신호들은 마이크로프로세서에 의해 읽혀지는 적분형 A/D 변환 회로에 의해 측정된다.

측정값들은 Cal Factor에 의해 보정되어, 임피던스로 변환되며 최종적으로 프로세서에 의해 적절한 파라메타로 변형되어 표시된다.



명령어 LIST

변수 i, j 정수
x 실수

<p>측정에 관한 설정</p>	<p>\$STL(?) {i} AVGM(?) {i} BIAS(?) {i} CIRC(?) {i} CONV(?) {i} FREQ(?) {i} MMOD(?) {i} NAVG(?) {i} PMOD(?) {i} RATE(?) {i} RNGE(?) {i} RNGH(?) {i} VOLT(?) {x}</p>	<p>Set(Query) i=2에서 i=99ms의 설정시간 Set(Query) 평균측정 ON(i=1) 또는 OFF(i=0) Set(Query) DC 바이어스 내부(i=1), 외부(i=2), 또는 OFF(i=0) Set(Query) 등가회로 직렬(i=0), 병렬(i=1) Set(Query) 일정전압 모드 ON(i=1), OFF(i=0) Set(Query) 측정주파수 100Hz(i=0) 120Hz(i=1), 1kHz(i=2), 10kHz(i=3), 100kHz(i=4) Set(Query) 트리거 모드 연속(i=0), 트리거(i=1) Set(Query) 평균측정시 측정횟수 에서 i=2에서 10까지 Set(Query) 파라메타 모드 Auto(0), R+Q(1), L+Q(2), C+D(3),C+R(4) Set(Query) 측정속도 Fast(0), Medium(1), Slow(2) Set(Query) 측정범위 100kΩ(0), 6.4kΩ(1), 400Ω(2), 25Ω(3) Set(Query) 측정범위 고정 ON(1), OFF(0) Set(Query) 측정전압 .1V0 ≤ x ≤ 1.00V(0.05V의 분해능)</p>
<p>측정의 제어</p>	<p>PREL(?) {x} STRT STOP *TRG</p>	<p>Set(Query) Deviation과 % Deviation 측정시 기준값을 x로함(Ω,F,H) 측정의 시작 측정의 정지 STRT와 동일</p>
<p>측정의 결과</p>	<p>OUTF(?) {i} XALL? XBIN? XDLT? XMAJ? XMIN? XPCT?</p>	<p>Set(Query) 출력 양식을 구체적(0)이거나 간결(1)한 ASCII코드로 또는 구체적(2)이거나 간결(2)한 2진 코드로 출력 표시부와 부 표시부, Bin Number의 출력 현재 측정중인 Bin Number의 출력 주 표시부와 기준값의 차이를 출력 주 표시부의 값 출력 부 표시부의 값 출력 주 표시부와 기준값의 차이를 백분율로 출력</p>
<p>BINNING</p>	<p>BCLR BING(?) {i} BLIM(?)i, j,{x} BNOM(?)i,{x}</p>	<p>Bin의 기준값 삭제 Set(Query) Binning의 ON(i=1), OFF(i=0) Set(Query) Bin j(0~7)번의 상한치(i=0) 및 하한치(i=1)를 x%로 설정 Bin i번의 기준값을 x로 설정</p>
<p>설정의 제어</p>	<p>*IDN? *OPC (?) *RCL i *RST *SAV i *WAI</p>	<p>9216A의식별명(ID) 출력 측정이 종료 되었을때 표준 Event상태 Byte를 1로 하여준다. i번의 설정 호출 장비를 디폴트 구성으로 설정 현재의 설정을 i번에 저장 다른 절차를 수행하기 전에 측정이 완료될 때까지 대기</p>
<p>상 태</p>	<p>*CLS *ESE(?) {i} *ESR(?) {i} *PSC(?) {i} *SRE(?) {i} *STB? {i} SENA(?) {i} STAT? {i}</p>	<p>모든 상태 레지스터의 내용을 삭제 (Query) Standard Event Status Byte Enable 레지스터의 값을 i(0~255)로 설정 표준 상태 Byte에 대한 질문, i가 포함 되었을 경우는 Bit i만을 질문. 전원 ON시 상태 삭제 Bit를 삭제(i=1) 또는 유지(i=0)한다. 직렬 Poll Enable 레지스터의 값을 i(0~255)로 한다. 직렬 Ppoll 상태 Byte에 대한 질문, i가 포함 되었을 경우는 Bit i만을 질문. LCR 상태 Enable 레지스터의 값을 i로 설정(0~255) LCR 상태 Byte에대한 질문, i가 포함 되었을 경우는 Bit i만을 질문.</p>

상태 BYTE의 정의

구 분	bit	이 름	용 법
SERIAL POLL 상태 바이트	0	Ready	9216A는 측정을 시작할 준비가 되었다.
	1	사용안함	
	2	사용안함	
	3	LCR	LCR 상태 레지스터중 공개된 비트가 1로 되었다.
	4	MAV	GPIB의 출력 대기 열이 비어 있지 않다.
	5	ESB	표준상태 바이트의 공개 비트가 1로 되었다.
	6	RQS/MSS	SRQ(Service Request)비트
	7	No Command	입력 대기열에 미실행 명령이없다.
STANDARD EVENT 상태 바이트	0	OPC	측정이 종료 되었을때 OPC 명령에 의해 1이 된다.
	1	사용안함	
	2	Query Error	출력 Query가 많을때
	3	사용안함	
	4	Execution오류	파라메타의 설정 범위가 벗어났을때와 같이 명령이 완전하지 못할때
	5	명령어오류	명령어구조가 잘못되었거나 없는 명령을 하였을때
	6	URQ	아무키나 누르면 1이 된다.
	7	PON	전원을 켜면 1이 된다.
LCR 상태 바이트	0	연산오류	부동소숫점 연산오류
	1	A/D오류	A/D변환에 실패하였을 경우
	2	Overload	증폭기가 과부하 상태일때
	3	Underrange	현재 Range보다 측정값이 작을 경우
	4	Overrange	현재 Range보다 측정값이 클 경우
	5	Out of Range	현재 Range에서 측정을할 수 없을 경우
	6	사용안함	
	7	Mem오류	저장되어 있는 설정이 전원 ON시에 무효가 되었을 경우

이 장에서 9216A를 전체적으로 관찰할 수 있다.

특정 부분의 자세한 동작설명이 필요하면 사용방법 및 Remote Programming 부분을 참조하기 바란다.

전면부 설명

표시부

LED 표시부는 측정값과 파라메타, 계기의 상태, 사용자 메시지등을 보여준다. 그리고 2개의 5 Digit LED 표시부와 25개의 LED들로 표시된다. 보통의 경우 측정값은 주 파라메타(L, C, R)인 왼쪽 표시부에 표시되고, 부 파라메타(Q, D, R)는 오른쪽 표시부에 표시된다. 표시되는 숫자와 십진소수점은 측정범위와 분해능에 따라 자동적으로 조정된다. 측정 파라메타(L, C, R 및 Q, D, R)는 각 숫자 표시기의 위에있는 LED에 의해 표시된다. 만약 AUTO LED도 켜져있다면, 기기는 AUTO모드에서 동작되고 있는 것이다. %LED는 입력된 기준값에 대한 상대적인 편차를 표시하고 있음을 나타낸다.

단위는 주 표시부와 부 표시부의 사이에 위치한 LED들에 의해 표시된다. (Ω , k Ω , M Ω , pF, nF, μ F, μ H, mH, H) 부 표시부에는 단위가 없는 파라메타(Q,D)와 단위를 가진 저항값이 표시된다. 상태정보(REM, ACT, ERR)는 부 표시부의 오른쪽에 표시된다. 주 표시부의 아래쪽에는 Binning 값의 입력을 위한 NOM, +LIM, -LIM의 LED가 있다.

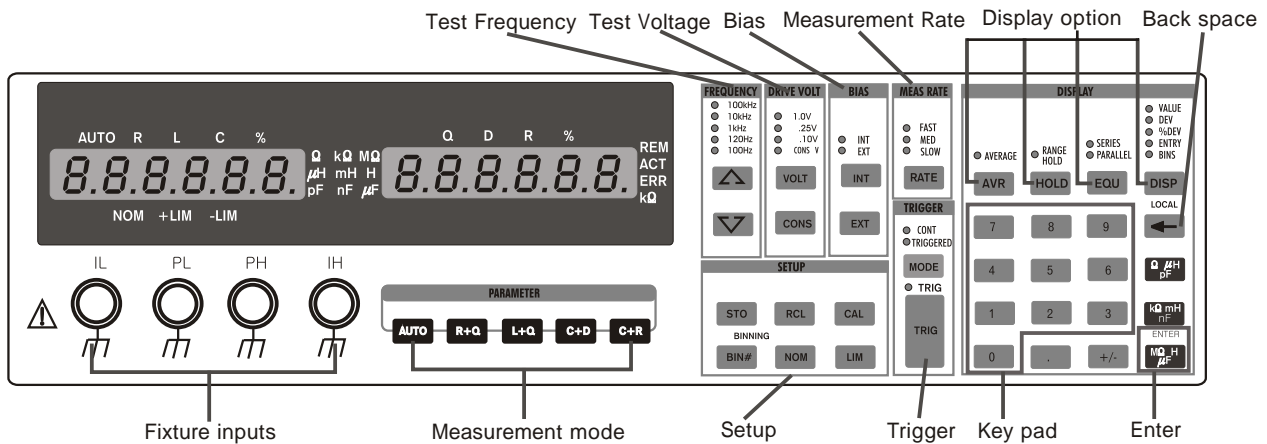


1 REM, ACT, ERR 컴퓨터와의 연결상태를 표시해 준다. REM(Remote) LED는 장비 뒷면의 인터페이스를 통해서 제거가되고 있다는 것을 보여준다(전면판은 동작하지 않음). ACT(Active) LED는 컴퓨터 인터페이스가 동작하고 있는 것을 나타낸다. ERR(Error) LED는 장비에 보내진 명령에 오류를 포함하고 있다는 것을 보여준다.

2 NOM, +LIM, -LIM Binning 설정을 위해 변수가 입력되고 있음을 나타낸다. BINNING 단락에서 더욱 자세히 설명되어 진다.

키 패드

Keypad는 측정상태의 설정과 값을 입력하는데 사용된다. 각각의 LED는 측정상태를 표시해준다.



1 PARAMETER [변수의 표시]

[R+Q], [L+Q], [C+D], [C+R] 및 [Auto]키로 측정하고자 하는 종류와 표시될 변수를 결정 한다. 선택된 변수는 2개의 5 Digit 표시기에 의해서 표시된다. 만약, AUTO가 선택되었을 경우에는 가장 근접한 변수를 찾게되며, 주 표시부의 위에 위치한 AUTO LED가 점등된다. [선택된 변수는 주 표시부와 부 표시부의 위에 위치한 LED에 표시된다.]

R + Q

저항값은 '주표시기'(왼쪽)에 표시되며, Q(Quality Factor)값은 '부표시기'에 표시된다. 저항값은 직렬이나 병렬 등가저항의 값이 표시된다. 저항의 단위는 Ω, kΩ, MΩ으로 구성되며, Q는 임피던스의 허수부와 실수부의 비율이고, 단위를 가지지 않는다. Q 값은 직렬 또는 병렬모드에서 같은 개념으로 작용한다. Q값이 '+'의 값을 가지면 부품은 유도성을 띠며, '-'의 값을 가지면 용량성을 띠는다.

- L+Q** 인덕턴스 값은 '주표시기'(왼쪽)에 표시되며, Q(Quality Factor)값은 '부표시기'에 표시된다. 인덕턴스 값은 직렬 또는 병렬 등가 인덕턴스 값이 나타난다. 인덕턴스의 단위는 μH , mH , H 로 표시되며, Q는 임피던스의 허수부와 실수부의 비율이 된다. Q는 단위가 없고 직렬이나 병렬 등가회로에서 같은 값으로 표시된다. 만약, 주 표시기가 '-'의 값을 가지면, 부하는 용량성의 성격을 가진다.
- C+D** 용량값은 '주표시기'(왼쪽)에 표시되며, D(Dissipation Factor)값은 '부표시기'(오른쪽)에 표시된다. 용량값은 직렬 또는 병렬 등가 용량값이 표시된다. 용량값의 단위는 pF , nF , μF 로 표기되고, D값은 임피던스의 실수부와 허수부의 비율이되며, $1/Q$ 이 된다. 좋은 용량기의 경우 큰 C값과 작은 R값을 가진다. 따라서, 작은 D값을 가지게 된다. 만약 용량값이 '-' 값을 가지면 부하는 유도성을 지닌다.
- C+R** 용량값은 '주표시기'(왼쪽)에 표시되며, 직렬 또는 병렬 등가저항은 '부표시기'(오른쪽)에 표시된다. 저항의 단위는 Ω 또는 $\text{k}\Omega$ 으로 부표시기의 오른쪽에 나타난다.
- AUTO** 9216A는 부하의 특성에 따라 대략적인 파라메타를 자동적으로 정하게되며, 다음과 같은 원칙에 의해 정해진다.
 $|Q| < 0.125$ 일 경우, R+Q로 선택
 $Q > +0.125$ 일 경우, L+Q로 선택
 $Q < -0.125$ 이고 직렬모드일 경우, C+R로 선택
 $Q < -0.125$ 이고 병렬모드일 경우, C+D로 선택
- 2 FREQUENCY**
[주 파 수] 아래, 위 화살표로 100Hz, 120Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz중 하나의 주파수를 선택할 수 있다. LED는 선택된 주파수를 표시하게 된다.
- 3 DRIVEVOLT**
[측정전압] [VOLT]키로 0.1V, 0.25V, 1V의 3가지중 하나를 선택할 수 있다. 선택된 전압은 LED에 의해 표시되고, LED가 켜져있지 않다면, 가변모드(사용자설정)에서 동작되고 있음을 나타낸다.
[CONS]키는 기기를 일정한 출력 전압모드로 되게한다.
- 4 BIAS**
[바이어스] [INT]키로 내부의 2.0Vdc의 바이어스를 선택한다. [EXT]키는 외부입력에 의한 바이어스로 선택한다. 동작중인 키(내부바이어스가 동작중이면 [INT]키, 외부 바이어스가 동작중이면 [EXT]키)를 누르면 바이어스는 OFF된다.
바이어스는 커패시터의 측정시에만 사용할 수 있다. AUTO를 포함한 다른모드에서 바이어스를 선택하면 'bias for C'라는 오류가 표시된다.

5 MEAS RATE [측정속도]

[RATE]키는 Slow, Medium, Fast중 하나의 측정속도를 선택한다. 측정주파수 1kHz 이상에서는 초당 2, 10, 20회의 측정 속도가 된다.

6 AVR [평균측정]

Average 표시는 2번에서 10번까지의 측정 결과의 산술적 평균을 표시해 준다.

이 Average 기능은 Random 오차와 잡음을 제거시킴으로서 정확도를 향상시켜 준다.

이것은 각 측정범위의 끝부분에서 측정할 경우나 작은 출력전압으로 측정할 경우 유용하다. 평균측정 횟수는 ENTRY 표시에서 입력한다. ENTRY 표시에서 [Average]키를 누른다. 그러면 왼쪽에는 'AVG'가 표시되고, 오른쪽에는 현재 저장되어 있는 측정 횟수가 표시된다. 원하는 숫자를 입력한 다음 [ENTER]키를 누른다. 원하는 표시의 종류를[Display]키로 정한 다음, [Average]키를 누르면 Average모드가 동작된다.

AVERAGE LED는 평균측정 모드가 동작되고 있음을 보여준다. 평균측정 모드는 모든 종류의 측정에서 동작하며, Binning 기능에서도 동작을 한다.

7 HOLD [RANGE]의 고정

기기를 현재의 측정중인 Range로 고정시키며, 다시 한번 더 누르면 Auto Range 또는 정규모드로 전환된다. 그리고 Range는 Entry 모드에서 숫자 Keypad를 이용해서 입력할 수도 있다.

8 EQU [등가회로]

측정하고 있는 부품의 등가회로를 직렬 또는 병렬로 선택할 수 있다.

이상적이지 못한 모든 부품들은 직렬이나 병렬에서 유효분과 무효분을 가진다.

그것은부품의 특성과 측정 주파수에 의해 좌우되며 직렬이나 병렬모델이 더 정확한 모델이 된다. 좀더 이상적인 부품에 있어서는 이 두가지 모델의 차이가 더 작을 것이다.

인덕턴스의 Q값이 10이하로 내려가거나 저항의 Q나 커패시터의 D값이 0.1이상으로 올라갈 경우 직렬과 병렬 등가모드에서의 값이 달라지기 시작한다. 보통은 거의 모든 부품들이 직렬모드에서가장 근접한 값을 가진다.

[EQU] 키 (Equivalent Circuit)를 누름으로써, 두개의 측정모드를 변화할 수 있다.

Series 또는 Parallel LED가 현재의 상태를 표시해준다. 직렬모드에서는 왼쪽에 직렬 저항, 직렬 인덕턴스, 직렬 커패시턴스를 표시해주고, 오른쪽에는 (Quality Factor), D(Dissipation Factor), 또는 직렬 저항값을 표시한다. 병렬 모드에서는 왼쪽에 병렬 등가의 R, L, C를 표시해주고, 오른쪽에 Q, D 또는 병렬 등가저항을 표시한다. Q와 D의 값은 직렬, 병렬 모두 같은 값을 나타낸다.

9 DISPLAY

[Display]키로 5개의 서로 다른 표시종류를 변화할 수 있다. 다른 표시로 전환하기 위해서는 [Display]키를 눌러 LED가 원하는 위치에 오도록 한다. 몇몇의 표시형식은 LED가 켜지지 않는데, 이는 장비가 적절한 세팅이되어 있지 않기 때문이다. 예를 들어, AUTO 모드에서는 Value와 Entry형식만 전환이 가능하다. 키를 누르면 다음과 같은 모드로 전환된다.

VALUE

현재 측정하고 있는 부품의 측정치를 보여준다.

부품의 종류는 왼쪽 표시기 위의 LED에 의해 표시된다.

각 표시기의 단위는 각각의 표시기 오른쪽에 위치한 단위 LED에 의해 표시된다.

AUTO LED는 현재 파라미터를 자동으로 전환하는 모드에 있다는 것을 표시한다.

DEV

DEV, 또는 Deviation Display는 현재 측정중인 부품과 이전에 저장한 값과의 차이를 표시해 준다. 이 기능은 부품값의 변화가 미세할 경우에 유용하다.

DEV 표시는 장비가 AUTO 모드이거나 이전에 입력한 기준값이 없을 경우에는 사용할 수 없게 된다. DEV 기능을 이용하기 위해서는 먼저, 기준값을 입력한다.

(아래의 입력방법 참조)

그리고, [DISPLAY]키를 눌러 DEV LED가 켜지게 하면된다. '-'의 값은 측정값이 기준값보다 작다는 것을 의미하며, '+' 값은 측정값이 기준값보다 크다는 것을 의미한다.

[기준값의 입력방법]

기준값을 입력하기 위해서는, [DISPLAY]키를 눌러 Entry를 선택한다. 다음은 적절한 파라미터 키를 누른다. [R+Q]는 저항의 기준값, [L+Q]는 인덕턴스의 기준값, [C+D]와 [C+R]은 커패시턴스의 기준값을 입력한다.

파라미터 키를 누르면 왼쪽에는 현재의 기준값(또는 초기값)이 나타나고, 오른쪽은 공백으로 남게된다. 새로운 값을 숫자키로 입력하고, [Ω , μ H, pF], [k Ω , mH, nF], [M Ω , H, μ F]중 하나의 키를 눌러 입력을 마친다.

%DEV

%DEV, 또는 Percent Deviation Display는 측정값과 입력된 기준값과의 차이를 백분율로 표시해준다. (표시= $100 \times (\text{측정값} - \text{기준값}) / \text{기준값}$) 백분율은 0.1%의 분해능을 가진다. 위의 DEV 표시와 같이 장비가 AUTO 모드이거나 이전에 입력한 기준값이 없을 경우에는 사용할 수 없게된다.

기준값을 입력하는 방법은 위에서 서술한 것과 같은 방법으로 입력한다.

ENTRY

변수의 입력

ENTRY 표시는 기준값, 측정상태, 교정값등의 입력에 이용된다. 이 표시를 보기 위해서는 [Display]키를 눌러 ENTRY LED가 켜지도록 한다. 만약 잘못된 값이 입력될 경우에는 '삐' 하는 소리와 함께 표시기에는 'Range Error'로 표시되며, 이 값을 수용하지 않게 된다.

BINS

이 BINS 표시는 Binning 기능이 동작중일때 Bin 수를 보여준다. 이 기능은 Binning 정보가 입력되어 있을 경우에만 동작되며, AUTO 모드에 있을 경우에는 동작하지 않는다. 예를들어, DEV와 %DEV는 기준값이 미리 입력되지 않을 경우에는 접근이 되지 않는다.

- BINS 표시를 보기 위해서는 [Display]키를 눌러 BINS LED가 켜지게 한다. 자세한 사항은 Binning단락을 참조하면 된다.
- 10** ← Backspace 키는 수치 데이터를 잘못 입력할 경우 수정할 때 사용된다. 또한, Backspace 키는 LOCAL 키로도 사용된다.
- 11** ENTER 세개의 Enter키는 Entry모드에서 R, L, C의 기준치를 입력할 때 처럼 수치를 입력할 때 사용된다. [MΩ, H, μF] 키는 다른 키에 단위등이 표시되지 않은 파라메타를 입력할때 등과 같이 범용으로 동작한다.
- 12** [0]~[9],[.],[+/-] 이 숫자 Keypad는 파라메타를 입력할 경우에 사용되며, Entry 모드에서만 사용할 수 있다.
- 13** SETUP STO,RCL 이 키는 9가지의 기기상태를 비휘발성 메모리에 저장 또는 불러오는 기능을 한다. 현재의 설정을 #번에 저장하기 위해서는 [STO], [#], [ENTER]의 순서로 입력 하면 된다.
- 이때의 #의 범위는 1부터 9까지이다. 그리고, 기기의 설정을 불러내기 위해서 [RCL], [#], [ENTER]의 순서로 입력하면 된다. 참고로 0번에는 기기의 초기 설정값이 저장되어 있으므로, 기기를 초기화하기 위해서는 0번의 기기상태를 불러내면 된다.
- CALIBRATE** [CAL]키는 교정에 관련된 항목들과 특별설정 파라메타로 접근하게 한다. 여기에는 Open/Short 교정, 표준저항 교정, Settling 시간, 내부측정 전압의 가변, 내부자체 진단 등이 있다.
- BIN #,
NOMINAL, LIMIT** 이 세개의 키는 Binning 파라메타를 입력할 경우에 사용한다. Binning이 ON이 되면 Binning LED가 켜지게 되며, 선택사항인 핸들러 인터페이스가 동작된다.
- 14** TRIGGER [MODE]키는 연속 트리거모드와 사용자의 트리거에 의한 트리거모드로 전환할 수 있다. 측정은 [TRIG]키에 의해 동작이되며, 핸들러 인터페이스나 다른 컴퓨터와의 인터페이스로도 가능하다.

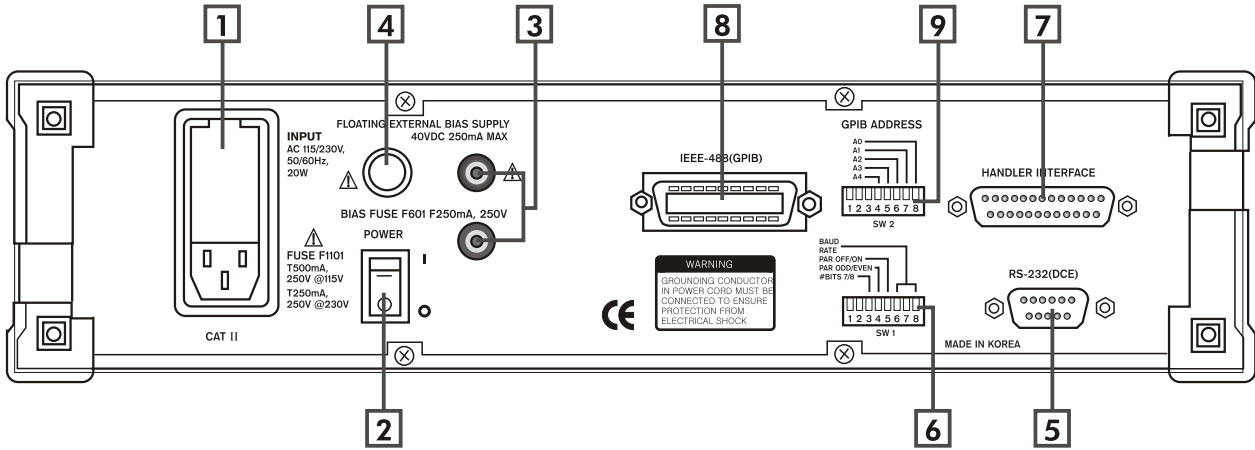
FIXTURE

9216A는 여러 종류의 부품을 연결할 수 있는 4단자 Kelvin방식의 시험 Fixture를 공급하고 있다. (Kelvin방식은 두 개의 선으로 부품에 시험용 전류를 흘리며, 독립된 2개의 선으로 부품양단의 전압을 감지한다) 이것은 선에 전류가 흐름으로서 전압이 감소되는 것을 막아준다.

Radial 타입의 부품은 간단히 Radial Fixture에 연결하여 측정할 수 있다. 표면 실장형 부품(SMD)이나 특별한 모양의 부품 또는 큰 부품들은 SMD 집게나 Kelvin 집게등을 이용해서 측정할 수 있다.

만약, 부품의 리드가 더럽혀져 있거나 왁스등에 의해 코팅되어있을 경우에는 깨끗이 한 후에 Fixture에 연결하여야 한다.

후면부 설명



- 1 POWER입력 및 선택** Power 입력부는 과전압등에 의한 기기 내부의 손상을 방지하기 위하여 Fuse를 사용하고 있으며, 입력전압을 선택하여 사용할 수 있다. 또한 내부에 Filter를 내장하고 있어 높은 주파수의 전기적인 잡음에 의한 오동작을 방지해 준다.
- 2 POWER스위치** 기기의 후면부에 위치해 있으며, 전원을 켤때에 사용.
- 3 외부바이어스입력** 두개의 바나나 입력단으로 되어있으며, 외부 바이어스를 사용할때의 입력 단자이다. 공급되는 전압은 40VDC 이하이며, 전류는 250mA를 넘지 말아야 한다. 두개의 입력단자 모두 Ground에 접속시키면 안된다.
- 4 외부바이어스퓨즈** 외부 바이어스의 입력전류가 250mA 이상일때 입력을 차단시켜줌.
- 5 RS232(DCE)** 이 콘넥터는 PC의 RS232 인터페이스 Port와 연결하여 원격으로 제어 가능하다. 기기의 RS232 환경은 DCE (송신 : Pin3, 수신 : Pin2)로 되어있으며, 자세한 내용은 Remote Programming의 "RS232와의 통신" 부분을 참고하기 바란다.
- 6 SW1** 이 스위치는 RS232 인터페이스의 전송속도, Parity, Word Length등의 환경을 설정해 준다.
- 7 HANDLER INTERFACE** 이 인터페이스는 트리거 입력선과 Bin Data 값을 출력하는 선이 있으며, Male Db25 콘넥터로 되어 있다.
- 8 IEEE-488 (GPIB)** GPIB (General Purpose Interface Bus) 또는 IEEE-488 인터페이스라 불리며, 자세한 설명은 Remote Programming의 GPIB와의 통신부분을 참고하기 바란다.
- 9 SW2** 이 스위치는 GPIB 인터페이스의 Address와 사용환경을 설정하는 스위치이다. 스위치 설정의 자세한 내용은 Remote Programming 부분을 참고하기 바란다.

시험 환경

초기 환경

[RCL] [0] [ENTER]를 사용하면 아래와 같은 Default 상태로 설정된다.

파라메타	AUTO
주 파 수	1kHz
측정 전압	1.0 V
바이어스	OFF
측정 속도	SLOW
평균 측정	OFF
Range 고정	OFF
등가 회로	SERIES
표 시	VALUE
트리거 모드	CONT
BINNING	OFF

시험 환경설정

시험 환경설정시험 환경은 두가지 방법으로 설정할 수 있다. 기본적인 환경 설정방법은 Keypad를 직접 눌러 설정할 수 있다. 이 환경들은 그것의 값이나 설정을 바꿀 수 있는 각각의 키를 제공한다. 다른 설정은 ENTRY 모드에서 변경할 수 있는데, 평균측정 횟수, Range, 편차 측정시의 기준값등이 된다.

이 환경을 변경하기 위해서는 [DISPLAY]키를 사용해 ENTRY모드에서 변경하려는 파라메타의 키를 눌러 변경할 수 있다. 어떤 종류의 파라메타가 선택 되었는지는 왼쪽 표시기에 나타나고, 그 값은 오른쪽 표시기에 나타난다.

새로운 값의 입력은 숫자키와 단위키 또는 [ENTER]키를 사용해서 입력한다. 설정값의 변경시 잘못된 값을 입력하면, 기기는 삐하는 소리와 함께 'Range Error'가 표시된다. 이 경우에 기기는 입력된 값을 무시하고 새로운 값을 입력할 수 있도록 한다.

[CAL]키는 다른 기능들에 비해 자주 사용되지는 않는다. 여기에는 'Vtest'(Vernier test voltage), 'Settl'(Settling Time), 'Null CAL'(Null 또는 Open 및 Short 교정), 'Self Test' 등이 포함되어 있다. 이들 기능에 접근하기 위해서는 [CAL]키를 원하는 기능이 표시될때까지 누른다. 이들 메시지는 그것들의 값과 함께 나타난다.

새로운 값을 입력할때는 ENTRY모드에서와 같은 방법으로 시행한다.

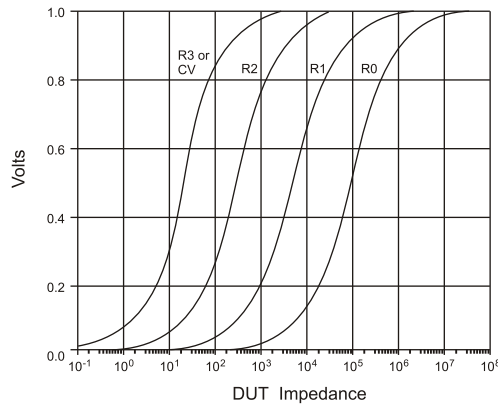
주파수

9216A에는 5개의 선택 가능한 주파수(100Hz, 120Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz)가 있다. 이 주파수의 정확도는 100ppm(0.01%)이며, Frequency 구역의 아래, 위 화살표를 눌러 주파수를 설정한다. 만약 Range가 고정되어 있거나, 0번 Range일 경우에는 100kHz는 사용할 수 없다. 만약 Range가 0일때, 100kHz를 선택하게 되면, 삐하는 소리와 함께 'R-F Error' (Range-Frequency Error)를 나타낸다.

출력 전압

출력전압은 50mV의 분해능으로 가변을 할 수 있다. 주된 출력전압은 0.10Vrms, 0.25Vrms, 1.0Vrms이며, 가변범위는 0.1Vrms~1.0Vrms이다. 그리고, 출력전압의 정확도는 2%이다. 주된 출력전압을 선택할때 예는 [VOLT]키를 눌러 원하는 전압의 LED가 점등되게 하면된다. 가변전압 출력시에는 [CAL]키를 눌러서 'Vtest'가 나타나게하며, 그때의 오른쪽 표시기에는 출력전압이 나타나게 된다. 출력전압이 가변 모드로 되어있을때 주된 출력전압 LED는 켜지지 않으며, 주된 출력모드로 전환하기 위해서는 [VOLT]키를 누른다. 출력전압은 다음의 높은 전압으로 전환된다.

출력전압은 내부의 임피던스를 거쳐서 부하에 전달된다. 그러므로 부품 양단의 전압은 출력 전압보다 같거나 작다. 내부의 임피던스는 25Ω (R3), 400Ω (R2), 6.4KΩ (R1), 100KΩ (R0) ±2%이다. 일정 전압모드에서 내부 임피던스는 항상 25Ω이된다..



위의 그래프는 부하 양단의 전압과 서로 다른 Range에서 부하의 임피던스와의 관계를 보여주고 있다. 전압값은 1.0V로 표준화 하였다 (다른 전압에서는 간단히 공급되는 전압에 따라 눈금의 값을 바꿔주면 된다). 위의 그래프에서 각 Range의 위쪽 끝은 출력전압과 거의 같게되고, 낮은 임피던스에서는 각 Range의 낮은쪽으로 감소하게 된다. 만약 기기가 일정 전압(CV)모드에 있을 경우에는 항상 출력 임피던스가 25Ω이 된다.

25Ω보다 큰 임피던스에서 부하양단의 전압은 본질적으로 출력전압과 같게된다. 저항, 커패시터, 인덕터등의 수많은 부품에서 1.0Vrms로 설정하는 것이 가장 적절한 방법이 된다. 몇몇 인덕터나 능동 소자의 경우에는 0.25 또는 0.1 Vrms로 설정되어야 한다.

어떤 부품들은 Z5U 세라믹디스크 커패시터의 경우 (측정전압 : 0.5Vrms) 처럼 측정전압이 규정된 경우도 있다. 이런 경우에는 요구되는 전압으로 정확히 설정하기 위해서 가변 설정모드를 이용한다. 보통의 경우에는 좋은 신호대 잡음비와 확도를 얻기위해 가장 큰 전압을 이용하면 된다.

RANGE

9216A는 4개의 측정 Range를 가진다(0 ~ 3). Range는 수동 또는 자동으로 설정될 수 있다. 아래의 표는 각 측정 Range에서의 임피던스의 범위를 나타내었다. 4개의 각 Range는 측정범위의 중간값 정도의 내부 임피던스를 가진다. 측정 Range는 측정값이 아니라 임피던스에 의하여 변화되기 때문에, 인덕턴스와 커패시턴스의 경우에는 주파수의 영향을 받는다. 아래표의 f 는 주파수를 의미한다.

RANGE IMPEDANCE RANGE

Range	출력저항	저 항	인덕턴스	커패시턴스
3	25Ω	100μΩ~100Ω	0.0001μH~15.9/f H	99999μH~1.59/f mF
2	400Ω	100.0Ω~1.6kΩ	15.9/f H~255/f H	1.59/f mF~99.5/fμF
1	6.4kΩ	1.6kΩ~25.6kΩ	255/f H~4074/f H	99.5/fμF~6.22/fμF
0	100kΩ	25.6kΩ~2000MΩ	4074/f H~99999 H	6.22/fμF ~0.0001pF

AUTORANGING

일반적인 동작에서 기기는 측정하는 부품에 따라 가장 적절하게 전환된다. 기기가 자신의 전류범위를 벗어난 전류를 측정할때, Range가 위나 아래로 변화하고, 다시 측정을 시작한다. 이 측정값이 기기의 전류범위 이내이면 값을 표시한다. 또한, 측정값이 Range의 가장자리에 있을때, 계속적으로 측정 Range가 변화되는 것을 막기위해서 이력(Hysteresis)특성이 내장 되어있다. Range 중간값(다시 말하면, 출력 임피던스)의 450%가 넘거나 Range 한계값의 12.5%가 넘으면 Range는 한단계 올라가고, 중간값의 22% 아래로 내려가거나, 측정범위보다 12.5% 아래로 내려가면 Range는 한 단계 내려간다.

아래 표에 실질적인 Range변화 값이 표기 되어있다.

AUTORANGE 모드일때 RANGE 변화점

낮은 임피던스의 Range로		높은 임피던스의 Range로	
Range의 변화	임피던스	Range의 변화	임피던스
2 to 3	Z < 88Ω	3 to 2	Z > 115Ω
1 to 2	Z < 1.4kΩ	2 to 1	Z > 1.8kΩ
0 to 1	Z < 22.4kΩ	1 to 0	Z > 29.9kΩ

RANGE HOLD

매번 측정할 때마다 Range가 변화 할때는 필요에 따라 Range를 고정하고 싶은 경우가 있다. Fixture에 아무 부품도 연결되어 있지 않을 경우에는 아주 높은(무한대에 가까운) 임피던스를 가지기 때문에, 부품을 연결하였을 때는 현재의 Range에서 부터 다시 적절한 Range로 돌아가기에는 조금의 시간이 소요된다.

고정 Range(Range Hold)기능은 측정속도를 향상시키거나, 측정하고자 하는 부품이 거의 같은 값을 가지고 있을 경우에 상당히 유용하다.

Range를 고정하는데는 두가지의 방법이있다. 간단히 현재의 Range를 [HOLD]키를 누름으로써 고정시킬 수 있다. Range가 고정됐을 경우에는 [HOLD]키 위의 Range Hold LED가 켜진다. 측정 Range는 또한 ENTRY모드에서 직접 입력함으로써 고정할 수 도있다.

[DISP]키를 이용하여 ENTRY모드를 선택한 후, [HOLD]키를 누르면, 왼쪽 표시부에는 'Range'라는 메시지가 나타나고 오른쪽 표시부에는 현재의 Range가 표시된다. 숫자입력하고 [ENTER]키를 누른다. [DISP]키를 눌러 측정값 표시모드(VALUE)로 이동하면, Range Hold LED가 켜질 것이다. 만약 0~ 3 이외의 번호를 입력하면 기기는 경고음과 함께 'Range Error'라는 메시지가 표시된다. Range 0에서는100Khz를 선택할 수 없다.

만약 100KHz에서 Range 0을 선택하게 되면, 경고음과 함께 'r-f Error'(Range Frequency Error)라는 메시지가 표시된다.

다시 Autorange모드로 복귀하기 위해서는, [HOLD]키를 누르면 된다. 부품의 임피던스가 현재 Range의 중간값보다 100배 이상 크면 기기는 'Over Range'오류를 발생한다.

만약 오류가 발생하면 기기를 부품에 맞는 적절한 Range로 변화 시켜줘야 한다.

일정 전압

때때로, 규정된 측정 전압이 요구되는 시험이 있다. 이 경우에 [CONS]키를 눌러서 출력임피던스를 25Ω으로 한다. 부하의 양단 전압은 25Ω이상의 거의 모든 부품에서 일정하게 출력이 된다. 일정 전압모드일때 Range를 변경하면 기기에 과부하가 가해질 위험이 있다.

또한, 측정 정확도를 2배 줄여준다. 이 부분의 자세한 내용은 설명서의 확도 부분에 수록 되어 있다.아래의 표는 일정 전압모드를 사용할 때 각 Range의 임피던스 범위를 나타내었다.

일정전압 모드에서 측정 RANGE와 임피던스 RANGE

Range	출력저항	저 항	인덕턴스	커패시턴스
3	25Ω	100 $\mu\Omega$ ~360Ω	0.0001 μ H~57/f H	99999 μ H~442/f mF
2	25Ω	360Ω~5.76kΩ	57/f H~917/f H	442/f mF~27.6/f μ F
1	25Ω	5.76kΩ~90.0kΩ	917/f H~14324/f H	27.6/f μ F~1.77/f μ F
0	25Ω	90.0kΩ~2000MΩ	14324/f H~99999 H	1.77/f μ F ~0.0001pF

AUTORANGE 모드일때 RANGE 변화점

낮은 임피던스의 Range로		높은 임피던스의 Range로	
Range의 변화	임피던스	Range의 변화	임피던스
2 to 3	Z < 315Ω	3 to 2	Z > 400Ω
1 to 2	Z < 5.04kΩ	2 to 1	Z > 6.4kΩ
0 to 1	Z < 78.8kΩ	1 to 0	Z > 100kΩ

어떤 상태에서는 'Over Load'라는 메시지가 나타난다. 이 메시지는 고정 Range에서 일정 전압모드로 동작될 때 나타나는데, 높은 임피던스 Range로 변화 시키거나 Auto-range로 전환하면 된다.

바이어스

커패시터 측정시에는 내부나 외부의 바이어스 전압을 인가할 수 있다. 전해나 탄탈 커패시터의 경우에는 보다 정확한 측정을 위해서 +의 바이어스 전압이 필요하다. 내부의 2V 또는 외부의 40V까지의 바이어스 전압은 부품의 실제 동작상태에서의 측정으로 측정하려는 커패시터의 극성에 주의해서 연결하여야 하며, Fixture의 오른쪽이 + 극성이 된다. 극성을 잘못 연결했을 경우에는 부품의 파괴와 상해를 초래할 수 있다. 바이어스 전압에 의해 충전된 커패시터가 방전없이 Fixture에서 빼내었을 때, 커패시터는 충전전압을 오랫동안 유지하기 때문에 조심스럽게 다루어야 한다. 측정후 커패시터를 방전할 때는 조심스럽게 해야한다. 특히 높은 전압의 외부바이어스 전압을 사용할 경우에는 특히 주의해야 한다. 부품의 방전을 잘못할 경우에는 9216A가 손상을 입을 수 있다.

9216A는 내부에 1주울의 에너지($C \cdot V^2 / 2$)에 대한 보호회로가 내장되어 있다. 내부나 외부 바이어스 회로는 기기가 C+D 또는 C+R 모드에서만 동작을 한다. R+Q, L+Q, AUTO모드에서는 바이어스가 가해지지 않는다.

적절하지 못한 모드에서 바이어스 키를 누르면, 'Bias for C'라는 메시지가 표시된다. 바이어스 회로가 동작중에는 기기가 일정 전압모드임으로 시험중인 커패시터의 양단 전압이 안정되기에는 적당한 시간이 지나야한다. 일정전압 출력부분을 보면 측정범위와 정확도에 미치는 영향이 나타난다.

내부바이어스 전압공급후 부품이 안정화되기 까지의 시간은 짧다. 이 시간의 주된 결정요인은 출력저항과 시험할 커패시터의 RC의 시간상수와 내부에있는 0.47 μ F의 커패시터에의해 결정된다. 9216A가 이때 연속 트리거모드에 있다면 측정값은 부품의 전압이 안정되는 시간동안 변화할 것이다. 이 경우에 초기에 읽은 값은 무시해야 한다.

이것이 문제가 된다면 외부 트리거모드를 사용하거나(간단하게 조금 기다린후에 트리거 시킨다) Settling 시간을 증가시킨다. Settling시간을 변경하는 방법은 측정속도 부분에 소개되어 있다. 부가적으로, 커패시터는 DC 전압으로 충전된후 커패시터의 값이 서서히 변화된다.

내부 바이어스

2.0V의 내부 바이어스 전압을 시료에 인가하기 위해서는 먼저 커패시터가 Fixture에 바른극성으로 연결되어 있는지 확인한다. [INT]키를 누르면 바이어스전압이 인가된다. 잠시후 측정값은 안정된다. 커패시터를 Fixture에서 제거하기전에 [INT]키를 다시 눌러 내부 바이어스를 OFF시키고, 커패시터를 방전시켜야 한다.

외부 바이어스

9216A는 뒷면에 측정하는 부품에 +40V까지의 바이어스 전압을 공급할 수 있는 단자를 가지고 있다. 이 공급은 반드시 Floating이 되어야 하며(양쪽 모두 접지에 연결되면 안됨), 또한 250mA 이하의 전류가 흘러야 한다. 전원은 Switching 공급기가 아닌 Linear 전원이 적당하다. 부품에 깨끗한 바이어스 전압을 공급하기 위해서는 Ripple이나 잡음등을 제거해야 한다. 뒷면의 바이어스 입력은 2개의 바나나잭으로 구성되어 있다. 붉은색은 '+', 검은색은 '-'로 연결해야 한다. 기기의 내부에는 반대로 연결되는 것을 예방하기 위하여 Diode가 내장되어 있으며, 바나나잭 다음에 250mA의 Fuse가 바이어스 선에 연결되어 있다. 외부 바이어스 상태일때 9216A가 안정된 값을 표시하지 않으면 Fuse를 확인해 본다. 혹시 바이어스 전압이 반대로 연결되어 있다면 Fuse는 쉽게 손상될 것이다. 그리고, Fixture에서 부품을 제거하기 전에 항상 커패시터의 바이어스 전압을 방전하는 예방이 필요하다. 보통은 바이어스 전원을 안전하게 동작시키기 위해서 외부의 Switch나 방전저항이 필요하다.

외부 바이어스 전압을 인가하기 위해서는, 전원을 극성에 맞게 제대로 연결해야 한다. 그리고나서, 커패시터가 올바른 극성으로 Fixture에 꽂혀 있는지 확인한다. 다음에 [EXT]키를 눌러 바이어스 전압을 공급한다. 2~3초후 측정값이 안정될 것이다. 측정이 끝난후 Fixture에서 부품을 제거하기 전에 반드시 방전을 시켜야 한다.

작은 커패시터(<500μF)와 작은 바이어스 전압(< 20 V)과 같이 사용될 경우에는 9216A는 내부에서 커패시터를 방전시킬 수 있다. [EXT]키를 눌러 바이어스를 OFF할 수 있다. 커패시터는 내부 바이어스에서 처럼, 똑같은 방법으로 방전시킬 수 있다. 높은 바이어스 전압에 의한 방법은 외부 바이어스 공급장치를 제거하고 Fixture에서 부품을 제거하기 전에 바이어스 공급단자 양단에 방전저항을 연결하여 방전을 시켜야 한다.

측정 속도

9216A는 세개의 측정속도(Slow, Medium, Fast)를 가진다. 이것은 1kHz, 10kHz, 100kHz에서 1초에 2, 10, 20번을 측정하고, 100Hz 와 120Hz에서의 주파수에서는 약1/10이 된다. 아래의 표는 서로 다른 주파수에서 최대의 측정속도를 나타내었다. 이 속도들은 Range 고정모드, Binning이 OFF, GPIB 나 RS 232 인터페이스가 사용중이 아닐때 가능하다. 측정속도는 정확도에 영향을 준다. Slow나 Medium은 좋은 정확도를 가지며 Fast가 가장 좋지않은 정확도를 가진다.

주파수	Slow	Medium	Fast
100kHz	2.8/S	14/S	28/S
10kHz	2.8/S	14/S	27/S
1kHz	2.7/S	13/S	24/S
120kHz	0.7/S	2.8/S	7/S
100kHz	0.6/S	2.4/S	6/S

실질적인 측정속도는 다음 공식에 의해 구할 수 있다.

$$T_{meas} = T_s + [(N_i \cdot 1/f + T_{di} + T_{rs} + T_d) \cdot N_m] + T_{calc}$$

Ts : Settling 시간
 f : 측정 주파수
 Trs : 비 동기 시간
 Nm : 1회 측정시 읽어들이는 횟수
 Ni : 측정에 사용된 주파수 사이클의 갯수
 Tdi : 반 적분 시간
 Td : 지연 기간
 Tcalc : 연산 시간
 Tdi/Td/Tcalc는 상수이며, Trs/f는 측정 주파수에 의해 설정된다.
 Ni/Nm은 측정 속도에 의해 결정되고, Ts는 사용자가 설정할 수 있다.

아래의 표에 적절한 값을 나타내었다.

Nm	Slow	8				
	Medium	8				
	Fast	5				
Ni			100/120Hz	1kHz	10kHz	100kHz
	Slow	20	40	400	4000	
	Medium	4	4	40	400	
	Fast	2	2	20	200	
Trs	1/f					
Tdi	2ms					
Td	2ms					
Tcalc	3ms					
Ts	2~99ms					

부가적으로, 측정시간은 Autorange, Binning, GPIB 또는 RS232 인터페이스를 사용할 때 증가한다. Binning은 전체 측정시간에 약 2.5ms를 추가시킨다.

Autorange는 $n \cdot (T_{meas} - 1ms)$ 의 시간을 추가시킨다. 여기서 n=변경이 필요한 Range의 갯수이고, T_{meas} 는 위에서 계산된 값이다. GPIB나 RS232 인터페이스를 사용할 때는 정확한 측정시간을 결정하기가 어렵다.

왜냐하면 그것은 Baudrate, 컴퓨터와 소프트웨어의 속도에 의해 결정되기 때문이다. 명령을 받은후 그명령에 응답하기까지는 약 5ms가 소요되고 인터페이스를 통해서 다시 전송하는데 약5ms가 소요된다. 보통의 경우 주파수 설정과 어떤 Range를 사용하고 있는지와 간단한 명령어와의 응답은 10ms이내에 처리된다. 더 긴응답, 예를들면, XALL? 와 같은 명령어는 RS232C를 통해서 약 2초간 소요된다. 통신속도가 중요한 경우에는 Binary Data Format을사용한다. 이것은 전송 Byte 인수를 줄일 수 있는 방법이다.

SETTLING 시간

때때로 트리거후에 측정을 지연시킬때 유리하다. 이것은 커패시터의 바이어스 전압을 안정화 시킨다. Settling 시간은 1ms 간격으로 2~99ms까지 설정할 수 있다.

Settling시간을 설정하기 위해서는 [CAL]키를 눌러 'Settl' 메시지가 왼쪽 표시기에 나올 때까지 누른다. 오른쪽 표시기에는 현재 설정되어 있는 Settling 시간이 나타난다.

2~99ms까지의 새로운 Settling 시간을 입력하고, [ENTER]키를 누른다. 만약 잘못된 값이 입력되면 경보음이 울리고 'Range Error'가 표시된다.

트리거

9216A는 지속적으로 측정하거나 트리거에 응답하게 할 수 있다. 트리거모드를 바꾸기 위해서는 [MODE]키를 눌러 원하는 모드의 LED가 켜지게 한다. 연속모드에서는 최대의 측정속도로 스스로 트리거되고 트리거모드에서는 [TRIG]키로 트리거하거나, RS-232나 GPIB 또는 Handler 인터페이스를 통해서 트리거할 수 있다. 측정이 진행되는 동안 기기는 측정이 종료되기 전에 들어오는 어떤 트리거 신호도 무시한다. 트리거 모드에서는 한번의 트리거에 한번 측정한다.

상태의 저장과 환원

[STO]와 [RCL]키로 9개의 기기설정을 비휘발성 메모리에 저장할 수 있으며, 모든 시험환경 및 Binning설정, Open 및 Short회로 보상정보가 저장된다.

STORE

기기설정을 저장하기 위해서 [STO]키를 누르면 'Store'라는 메시지가 표시된다. 원하는번호 [1~9]를 누른후 [ENTER]를 눌러 저장한다. [STO] [0] [ENTER]를 누르면 오류가 발생되며, 이것은 초기값이 저장되어있기 때문이다.

RECALL

저장된 설정을 환원하기 위해서 [RCL]키를 누르면 'RCL'이라는 메시지가 표시된다. 저장된 값의 번호[1~9]를 누른후 [ENTER]를 누른다. 0번의 값은 초기설정을 불러낸다. 자체 진단 중 'CAL ERR' 또는 설정 환원시 'RCL ERR' 메시지가 나타나면 저장된 값이 사라졌다는 뜻이므로 다시 저장하여야 한다.

부품의 연결

9216A은 Radial 또는 Axial 부품의 측정을 위하여 Kelvin Fixture를 선택사양으로 제공하고있다.

이 Fixture는 측정오류를 유발하는 선로의 손실을 최소화시켜주는 4단자망의 Kelvin 연결을 제공한다. Fixture가 변경되었을때는 반드시 Open 및 Short 교정을 실행하고난 후에 측정을 시작해야 한다.

Open 및 Short 회로 교정은 비휘발성 메모리에 저장되며, [STO]나 [RCL]키로 저장 및환원할 수 있다. 서로 다른 Fixture의 보상값들을 저장한 후에 장비의 설정이 변경될때 마다 불러내어 사용할 수 있다.

RADIAL / AXIAL LEADS FIXTURE

Radial/Axial 리드의 부품을 측정하기 위해서는, 리드가 왁스등에 의해 코팅이 되었을때, 세척후 Fixture에 연결하여야 하며, Fixture의 중간부분에 연결하여 측정한다.

KELVIN CLIPS

Kelvin Clip은 부품의 모양이 크거나 특이한 모양일 경우에 사용할 수 있다. 부품에 Kelvin Clip을 연결할때는 적색부분이 '+'로 연결되므로, 특히 바이어스등을 이용할때 주의하여야 한다. Fixture의 환경이 바뀔때마다 Open 및 Short 교정을 실시하여야 한다.

Kelvin Clip은 1KHz이하에서와 1M Ω 이하의 임피던스에서 좋은 특성을 나타낸다. 높은 주파수에서는 리드의 위치등, 여러가지 다른 환경에 의해 임피던스가 변화할 수 있고, 측정 정확도에 영향을 주게된다.

SMD TWEEZERS

SMD집게는 표면 실장형 부품을 연결할 수 있도록 해준다. 이 집게는 10mm 정도의 작은부품에 Kelvin 연결을할 수 있게 제공해 준다. 이 집게를 연결할때에는 Kelvin Clip과 같이 적색은 '+'에, 흑색은 '-'에 연결한다. 또한, Fixture의 설정이 변경되면 Open 및 Short 회로 교정을 실시해야 한다. 측정을하기 위해서는 표면 실장형 부품의 양쪽 끝의 금속부분을 집게의 끝부분으로 잡아야 한다. 만약 집게의 Tip이 파손되면 새로운것으로 교환할 수 있다.

OPEN 및 SHORT 회로의 교정

Open 및 Short 회로 교정으로 각종 분포 임피던스를 보상할 수 있다. 이것은 측정 리드의 임피던스, Fixture Cable 및 각종 분포용량을 제거시켜 준다. 이것은 모든 주파수와 Range에서 실행되기 때문에 주파수나 Range가 바뀔 때마다 다시 실행할 필요가 없다. 그러나, Null 교정은 Fixture나 측정전압이 바뀔 때마다 실행하여야 한다. 좀더 정밀한 측정을 위해서는 주기적으로 교정을 해야 하는데, 가능하면 하루에도 몇번씩 실행하는 것이 바람직하다.

Open 및 Short 교정값은 [STO]나 [RCL]키로 저장 및 환원이 가능한데, 이것은여러가지의 Fixture를 번갈아 사용할 경우에 상당히 편리하다. Open 및 Short 회로의 교정은 CAL메뉴에서 실행되는데, [CAL]키를 눌러'Null CAL'이란 메시지가 나오도록 한다. 여기서 [ENTER]를 누르면 메시지가 'Short CAL'로 변경된다. Fixture의 양단에 'U'자형의 구리선을 삽입한 후 [ENTER]를 누르고 Fixture로 부터 손이나 기타 다른 물건을 멀리한다. Short 회로 교정이 끝나면 'Open CAL'이란 메시지가 나타난다. 구리선을 제거한 후 먼저와 같이 다른 물건을 가까이하지 않는다. 'CAL Done'란 메시지가 나오면서 Null 교정이 끝나게 된다. [DISP]키를 이용하여 측정을 시작할 수 있다.

교정을 위한 제안

Null 교정을 행함에있어 항상 같은 상태에서 하는 것이 최선의 방법이다. 이것은 각종 필요 없는 임피던스를 가장 확실하게 제거하는 방법이다. 또한, 측정 중에는 Fixture에 어떠한 물건도 가까이해서는 안된다 (이것은 손 혹은 다른 물건이 주위의 전계를 혼란시키기 때문이다).

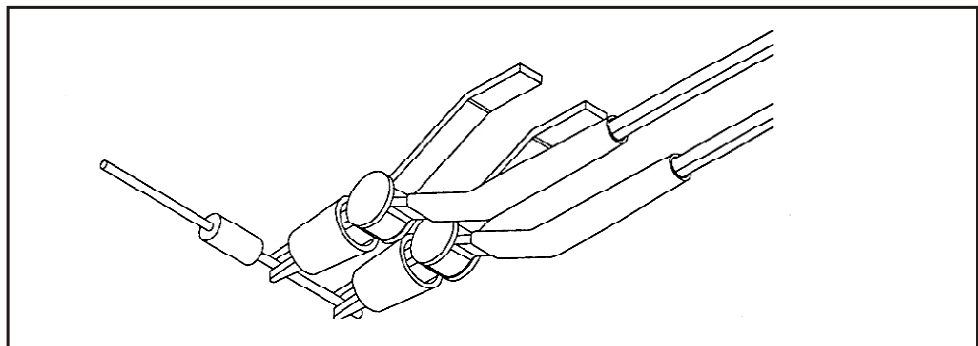
RADIAL FIXTURE

AWG 16 ~26의 'U'자형의 구리선을 이용한다. 부품이 꽃혀질 위치와 같은 부위에 연결하여 사용한다.

* AWG 16 ~26 = 0.05" ~ 0.02" = 1.3mm \varnothing ~ 0.51mm \varnothing

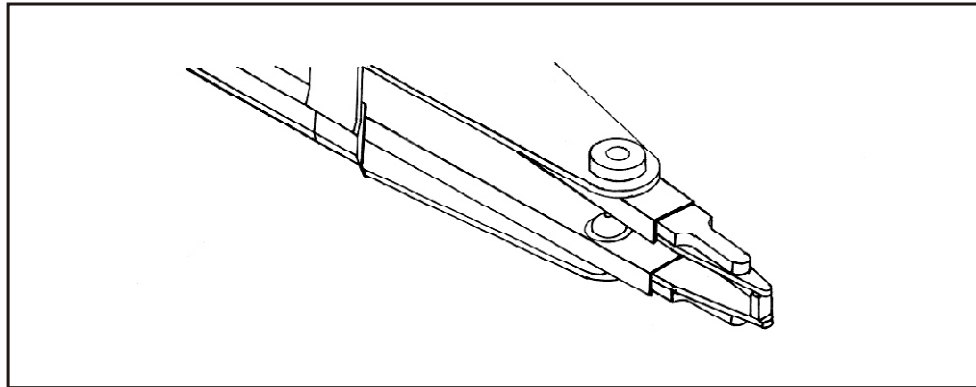
KELVIN CLIPS

Kelvin Clip에서는 Fixture와 같이 좋은 Null 교정값을 얻기가 힘들다. Short 회로의 교정시에는 두개의 Clip을 동시에 같이 연결하면 안되고, 부품의 한쪽 리드선에 연결하여 사용해야한다. 이것은 실제의 부품 측정시와 같은 접촉저항을 얻기 위해서이다. Open 회로교정시에는 Clip의 한쪽을 측정할 부품에 연결하고, 다른 Clip은 측정할 부품의 다른 리드선과 같은 간격에 위치 하도록 하여야한다. 교정중에는 어떤물건도 Clip 주위에 가까이하면 안된다. 다음의 그림을 참조하기 바란다.



SMD TWEEZERS

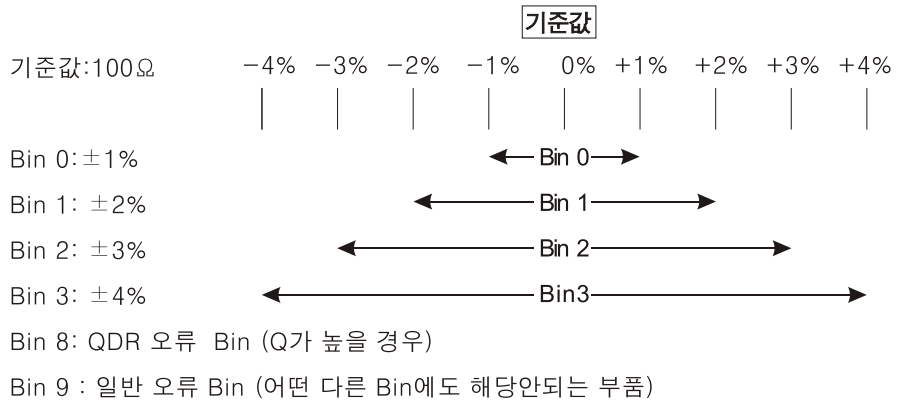
SMD 집게는 집게의 위치가 항상 변화하고, 또한 운용자의 손이 항상 존재하기 때문에 좋은 정확도를 얻기가 힘들다. 측정하려는 크기와 같은 크기의 구리조각등을 사용해서 Short회로를 교정한다. TIP을 손으로 대면 안된다. 구리조각은 SMD 부품에 구리 테이프를 붙여서 만들 수 있다. 부품의 크기와 같은 간격이 되도록 집게를 잡고 있어야 한다



BINNING

9216A는 부품의 성별을 도울 수 있는 기능을 내장하고 있다. 이것은 제조 공정이나, 부품의 검사, 비슷한 값을 가진 부품을 Test할 경우에 유용하다. Binning은 주, 부 파라메타를 읽을 필요가 없이 간단히 부품을 선별해 준다. [STO]와 [RCL]키는 9가지 서로 다른 Binning설정을 저장할 수 있으며, 서로 다른 설정사이를 간편하게 이동할 수 있다. Binning설정은 또한 컴퓨터 인터페이스를 통해서도 설정할 수 있다. Binning동작은 전면판의 BIN표시를 통해서나, RS232 인터페이스 또는 선택사양인 GPIB 인터페이스를 통해서도 가능하다. 9216A는 3가지의 서로 다른 Binning기능을 제공한다 (Pass/Fail, Sequential, Overlapping). Pass/Fail은 좋은 부분과 그 나머지의 두가지 Bin을 가진다. Overlapping Bin은 서로 다른 기준값을 가지면 각각은 같은 백분율을 가지거나 또는, 1개의 기준값에 백분율에 따라 나누어지기도 한다.

Overlapping 즉 Nested Bins은 하나의 기준값과 함께 Bin이 증가할수록 오차가 커지게 된다.



Sequential Bins 여러개의 기준값을 가지며, 각각 %로 구분되거나(0.9nom, 0.95nom, 1.0nom, 1.05nom, 각 5% 한계로 구분)

단 1개의 기준값과 비대칭 한계 (-3%~1%, -1%~1%, 1%~3%) 일 수 있다.

Bin 0:98.2Ω ±1%
Bin 1:100Ω ±1%
Bin 2:102Ω ±1%
Bin 3:104Ω ±1%
Bin 8:QDR 오류 Bin(Q가 높을 경우)
Bin 9:일반 오류 Bin

Nominal Value= 100Ω
Bin 0:-5% ~ -3%
Bin 1:-3% ~ -1%
Bin 2:-1% ~ +1%
Bin 3:+1% ~ +3%
Bin 8:QDR 오류 Bin(Q가 너무 큰 경우)
Bin 9:일반 오류 Bin

Binning 데이터는 [BIN#], [NOM], [LIM]키를 이용해서 수동으로 설정할 수 있고, RS232나 GPIB를 통해서도 입력할 수 있다. Bin은 기준값과 상위 및 하위 Limit값 (백분율)을 가진 Bin 번호에 의해 정의된다. 만약 Bin에 대한 기준값이 입력되지 않았다면 한 단계 낮은 Bin의 기준값을 사용한다. Bin 0 이 기준값과 Limit값을 가지지 않으면 Bin은 오류를 일으킨다.

1개 이상의 Bin에 해당되는 부품은 보다 작은 번호의 Bin에 해당하게 된다. 한쌍의 Limit중 단 하나만 입력되면 Limit는 대칭인 것으로 간주된다. 사용되지 않는 Bin은 닫혀져야 한다. (0% Limit를 할당) Bin을 Clear 하거나 Recall "0"을 하면 모든 Bin이 닫혀진다. Q값이 음수이면 절대값으로 입력해야 한다.

BIN의 설정

INITIAL

Bin 정보를 입력하기 위해서는 기기가 AUTO 파라메타모드가 아니어야 한다. 반드시 기기를 원하는 파라메타(R+Q, L+Q, C+D, C+R)로 전환한다. [BIN#]키를 누르면 표시기는 Bin 표시모드로 바뀌면서 Entry모드로 전환된다. 만약, 이전의 Bin 정보를 삭제할 필요가 있을 경우에는 [BIN#]키를 눌러 'Bin Clear'가 나오게 한후 [ENTER]를 누른다. 새로운 Bin 데이터를 입력하거나 이전의 데이터를 편집하기 위해서는 [BIN#]키를 'Bin X'라는 메시지가 나올때까지 누른후 원하는 Bin수를 입력한다.(0~8, [ENTER]) 그러면 Bin 수가 오른쪽에 나타날 것이다. 이것은 이어서 입력될 기준값과 Limit 값의 Bin이 된다.

PASS BIN(0~7)을 위한 기준값

기준값을 입력하기 위해서는 [NOM]키를 누른다. 표시기는 이전의 기준값이나 이전값이 없을 경우에는 '-----'라고 나타난다. 표시기 아래의 'NOM' LED가 켜질 것이다. 기준값이 필요할 경우에는 숫자키와 단위 입력키를 이용해서 입력한다. 새로운 기준값과 단위가 표시될 것이다.

PASS BIN을 위한 LIMIT값

Limit 값을 입력하기 위해 [LIM]을 누른다. 표시기는 이전의 높은쪽의 Limit 값을 나타내거나 이전 값이 없을 경우에는 '---'라고 표시되며, +LIM LED가 켜진다. 숫자키와 [ENTER]를 이용해서 새로운 값을 백분율로 입력한다. 만약 대칭적이지 않은 Limit값이 필요할때는 [LIM]키를 한번 더 눌러 낮은쪽의 Limit를 입력한다 (-LIM LED가 켜질것이다). 대칭적인 Limit에서는 높은쪽 값만 입력하면 낮은 쪽 값은 높은쪽과 같아진다. 어떤 Limit도 입력되지 않은 Bin은 닫혀진 것으로 된다.

FAIL BIN(8, 9)의 값

QDR의 Limit값을 입력하기 위해서는 Bin 8을 선택한다.
 ([BIN#], [8], [ENTER]사용) 그리고 [NOM]을 누른다. 오른쪽 표시기에 이전 값이나 '---'이 표시되고 NOM LED가 켜질 것이다. 숫자키를 이용해서 값을 입력하고 [ENTER]를 누른다. C+R모드의 저항값은 Ω 단위로 입력한다(저항값의 범위는 0~99999 Ω 이므로 K Ω 이나 M Ω 의 단위가 필요없다.) QDR Bin에는 Nom값만 있고 Limit 값이 없다. 일반 오류 Bin인 Bin 9번은 설정이 불가능하다.

ENABLE BINNING

Binning기능을 사용하거나 사용하지 않기 위해서는 [BIN#]키를 'Sort OFF' 또는 Sort ON'메시지가 나올때까지 누른다. 여기서 Enter Key를 누르면 ON 또는 OFF로 전환된다. Binning을 사용중일때는 BINNING LED가 켜지고, Binning 표시기가 동작되며, Handler 인터페이스가 동작된다. Handler 인터페이스는 Binning이 동작될때마다 동작된다. 좀 더 자세한 정보는 Handler 인터페이스 장에 설명되어 있다. Binning 정보를 입력하기 전에, 보통은 입력할 Binning정보를 미리 적어 두었다가 입력하는 것이 좋은 방법이다. 자주 사용되는 환경은 확실히 저장해두는 것이 좋다.

예 제**PASS / FAIL**

기준값 및 Limit값을 Bin 0에 입력한다. QDR 오류값은 Bin 8에 입력한다. 다른 Bin은 폐쇄시킨다면(Limit값을 0으로 입력), Pass된 부품은 Bin 0에, Fail된 경우에는 8 또는9번에 입력된다.

NESTED 또는 OVERLAPPING BIN

기준값 및 Limit값을 Bin 0에 입력한다. 계속되는 Bin에 대해서는 Limit값만 입력한다. 이때 반드시 작은 번호의 Bin일수록 더 작은 오차를 입력해야 한다. Limit값이 상, 하로 비례적일때는 상위 Limit값만 입력한다. Bin 8에는 QDR Limit값을 입력한다. 그러면 Pass된 부품은 Pass Bin 중 하나에 들어가고 QDR Test Fail된 부품은 Bin8에 그리고 다른 모든 부품들은 Bin9에 들어간다.

SEQUENTIAL BINS

하나의 기준값으로 순차적 Bin을 사용할 경우에는 위의 Overlapping Bin과 같은 방법으로 사용하면 된다. 다수의 기준값으로 순차적 Bin을 사용할 경우에는 각각의 Bin에 기준값과 Limit값을 입력한다. QDR Fail 값은 Bin8에 입력하고 사용하지 않는 Bin들은 폐쇄되어 있고 Bin들 사이에는 Gap이 발생하지 않도록 유의한다. Pass된 부품은 Pass Bin 중 하나에, Fail된 부품은 QDR Fail인 경우 Bin8에 나머지는 Bin9 (일반불량)에 들어가게 될 것이다.

BINNING WORKSHEET

일 자 :

규정된 부품값 :

작성자 :

Bin의 형식 :

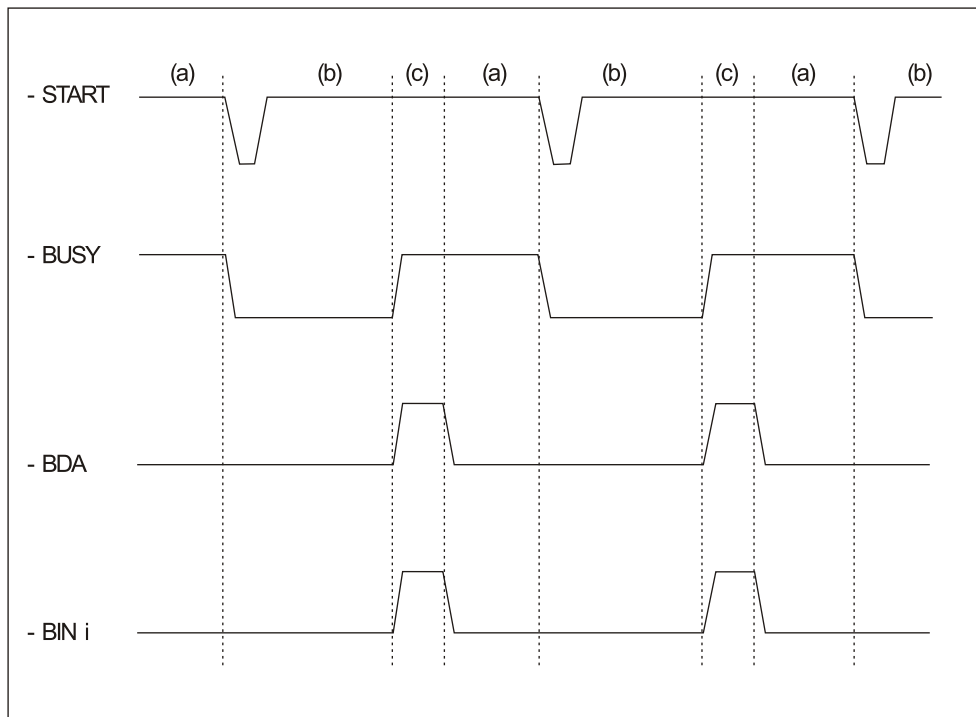
bin #	nom	+lim	-lim
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8		×	×
9	×	×	×

OPTION 01 : GPIB / HANDLER 인터페이스

GPIB 인터페이스 자세한 GPIB 인터페이스와 프로그램 예제는 Remote Program 에서 설명되어 진다.

HANDLER 인터페이스 9216A의 Handler 인터페이스는 측정과 물리적인 부품의 선별을 외부의 하드웨어에 의해 동작되도록 해준다.
 데이터 선으로 10개의 분류를 위한 신호선과, 제어선 (-START, -BUSY, -BDA) 3개가 있다.

타이밍 표



- (a) 9216A는 측정을 위한 트리거를 기다리고 있다. 이전의 Bin 데이터는 동작중이다.
- (b) -START 선의 '↓' 경사에서 9216A는 측정을 시작한다. -BUSY 선은 측정이 끝날 때까지 LOW신호가 출력된다.
- (c) 측정이 끝났을 때, 9216A는 해당되는 Bin에 출력을 내보낸다.
 이때, -BDA (Bin Data Available)선도 같이 출력된다. 이것은 잘못된 데이터 판독을 방지해 준다.

적당한 위치의 Bin이 선택되고난 후에, -BDA 선은 High로, 해당 Bin선은 Low로 된다. 외부의 Handler는 부품을 새것으로 교체한다. 9216A는 위의(A), (B), (C) 과정을 다시 반복한다.

기구적 설명

9216A의 뒷면에 있는 GPIB/Handler 인터페이스 중 Handler 인터페이스는 25핀의 Male형의 콘넥터로 연결된다. 콘넥터의 핀 연결은 다음과 같다.

Pin #

Bin 0 :13

Bin 1 :25

Bin 2 :12

Bin 3 :24

Bin 4 :11

Bin 5 :23

Bin 6 :10

Bin 7 :22

Bin 8 :9

Bin 9 :21

-BUSY : 8

-BDA : 20

-START : 3

+5V : 7, 19

GND : 6, 18

전기적 설명

트리거 입력은 (-START) Low에서 트리거되며, 펄스의 폭은 최소 50ns이상이 되어야 한다. 내부에 1N4148 다이오드에 의해 TTL전압 이상에 대하여 보호회로가 되어 있다.

출력은 7406(반전 Buffer)에 의해 Open Collector형식으로 되어 있으며, 올바른 동작을 위해서는 PULL-UP 저항이 필요하다.

NOTE : 최대 High 출력전압 : 30 V

최대 Low 출력전류 : 40 mA

예를들어 출력을 5V전원에 연결할 때, PULL-UP 저항은 $5V/40mA=125\Omega$ 이상이 되어야 한다.

만약 출력을 구동코일에 직접 연결할 경우에는 반드시 다이오드를 이용해서 역전압에 대한 대책을 세워야한다. 이상적으로는 Opto-Isolator를 모든 출력에 연결하여, Handler 인터페이스에 의한 측정잡음을 없애야 한다.

세부적인 정확도 명세

환 경

다음에 나오는 정확도를 만족하기 위해서는 아래의 조건을 만족하여야 한다.

- 1) 예열 : > 30분
- 2) 온도 : $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (이외의 온도에서는 정상온도의 오차에 2를 곱한다)
- 3) Open 및 Short 교정 완료
- 4) 커패시턴스 측정시에는 $D < 0.1$
저항 측정시에는 $Q < 0.1$
인덕턴스 측정시에는 $Q > 10$

정확도 방정식

측정의 정확도는 주파수, 측정속도, 측정전압, 각 Range에서의 부품의 임피던스에서
의 기본 정확도에 관한 함수이다. 기본 정확도는 임피던스 그래프 또는 파라메타 그
래프로부터 구할 수 있다. 부가적인 계수는 측정상태와 측정하는 부품의 임피던스에
의해 정해진다.

여기에서 측정 정확도는 최적의 Range에서 계산되어질 수 있다.

임피던스 정확도

$$Z \text{의 정확도} = \pm [A \times K_i \times K_v + (K_h + K_i) \times 100] \%$$

A = 다음 페이지의 기본적인 임피던스 정확도 계수

기기가 일정 전압모드에서 측정되고 있을때는 A의 값에 2를 곱하여 사용

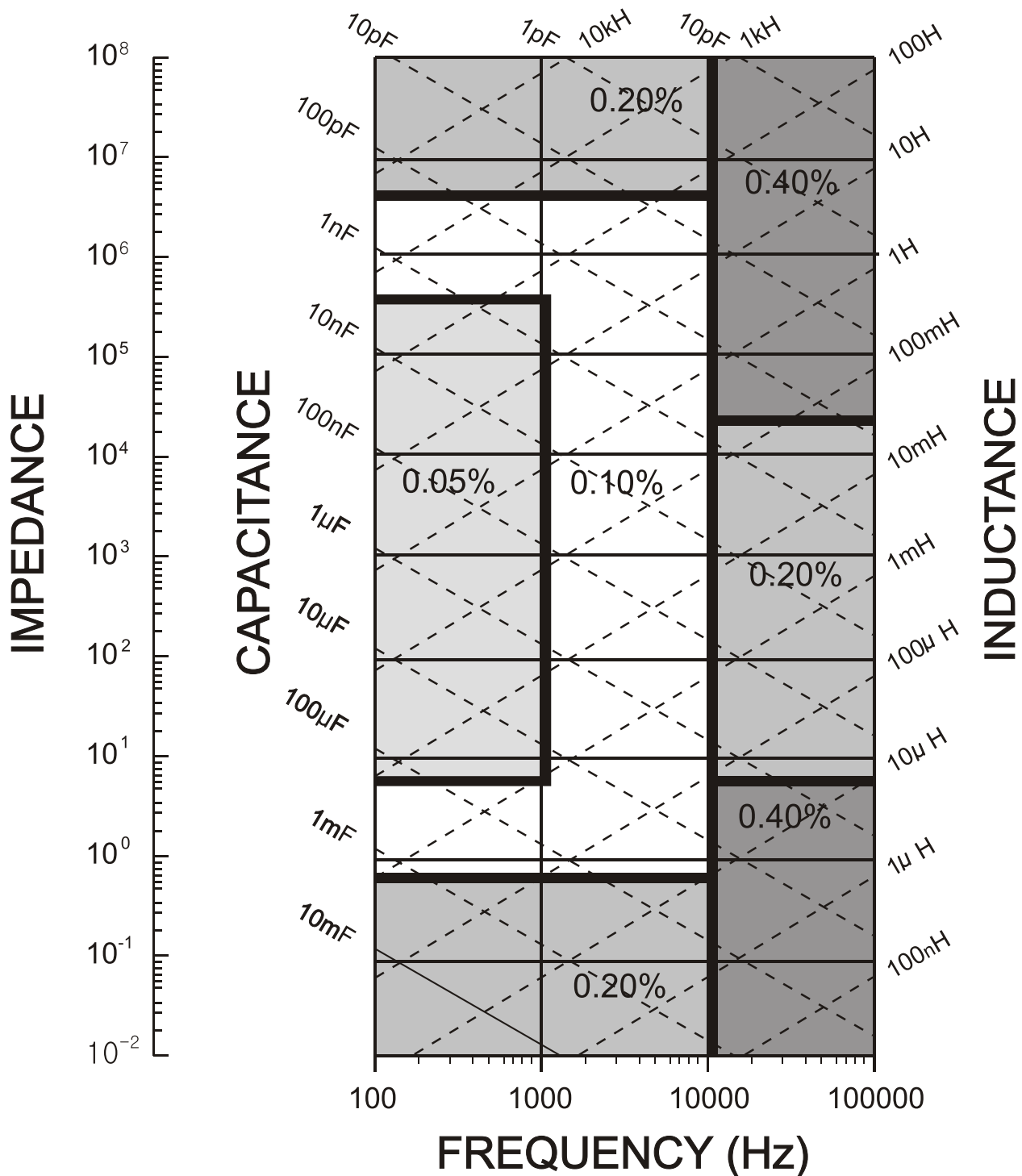
K_i = Intergration Time Factor (아래의 K_i 표 참조)

K_v = Voltage Error Factor (아래의 K_v 표 참조)

K_h, K_i = Extreme Range Error Term (아래의 K_h, K_i 표 참조)

Ki 표			
Meas, Rate	Frequency	Zm	Ki
Slow, Med	all		1
Fast	100Hz~1KHz	$6.25\Omega < Z_m < 400K\Omega$	3
Fast	all other		2
Kh, Ki 표			
Frequency	Ki	Kh	
100Hz, 120Hz, 1kHz	$(1m\Omega / Z_m)$	$(Z_m / 2G\Omega)$	
10kHz	$(1m\Omega / Z_m)$	$(Z_m / 1.5G\Omega)$	
100kHz	$(4m\Omega / Z_m)$	$(Z_m / 50M\Omega)$	
* Zm = 측정 되어지고 있는 저항의 임피던스			
Kv 표			
Vout(Vrms)	Kv		
1.0 ~ 0.55	1 / Vout		
0.5 ~ 0.3	0.5 / Vout		
0.25 ~ 0.15	0.25 / Vout		
0.10	0.11 / Vout		

BASIC IMPEDANCE ACCURACY FACTOR



R + Q 정확도

R의 정확도 = $\pm [A \times Ki \times Kv + (Kh + KI) \times 100] \%$

A = 우측 그래프상의 기본적인 저항,

정확도 계수

[Q] > 0.1 일 경우, 우측의 계수에

1 + [Q] 를 곱하여 사용.

만약, Constant Voltage Mode (CV) 이거나

Bias Mode 경우에 2 를 곱하여 사용.

Ki = Intergration Time Factor

(아래의 Ki 표 참조)

Kv = Voltage Error Factor

(아래의 Kv 표 참조)

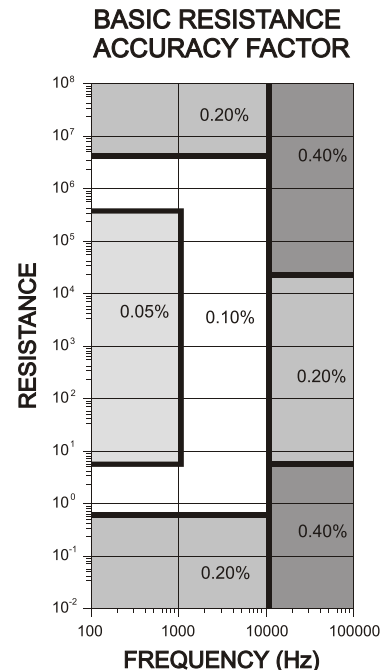
Kh, Ki = Extreme Range Error Term

(아래의 Kh, Ki 표 참조)

Q의 정확도 $\pm [(Ar/100) \times (1+Q)^2]$

Ar = R의 정확도

* Q의 정확도는 %가 아니라 단지 크기(Magnitude)이다.



Ki 표			
Meas, Rate	Frequency	Zm	Ki
Slow, Med	all		1
Fast	100Hz~1kHz	6.25Ω < Zm < 400kΩ	3
Fast	all other		2

* Zm = 측정되어지고 있는 부품의 인피던스 값

Kh, KI 표		
Frequency	KI	Kh
100Hz, 120Hz, 1kHz	(1mΩ / Rm)	(Rm / 2GΩ)
10kHz	(1mΩ / Rm)	(Rm / 1.5GΩ)
100kHz	(4mΩ / Rm)	(Rm / 50MΩ)

* Rm = 측정 되어지고 있는 저항

Kv 표	
Vout(Vrms)	Kv
1.0 ~ 0.55	1 / Vout
0.5 ~ 0.3	0.5 / Vout
0.25 ~ 0.15	0.25 / Vout
0.10	0.11 / Vout

L + Q 정확도

L의 정확도 = $\pm [A \times Ki \times Kv + (Kh + KI) \times 100] \%$

A = 우측 그래프상의 기본적인

인덕턴스 정확도 계수.

Q < 10일 경우, 우측의 계수에

(1+1/Q)를 곱하여 사용 .

만약 Constant Voltage Mode(CV)일

경우에 2를 곱하여 사용.

Ki = Intergration Time Factor

(아래의 Ki표 참조)

Kv = Voltage Error Factor

(아래의 Kv표 참조)

Kh, KI = Extreme Range Error Term

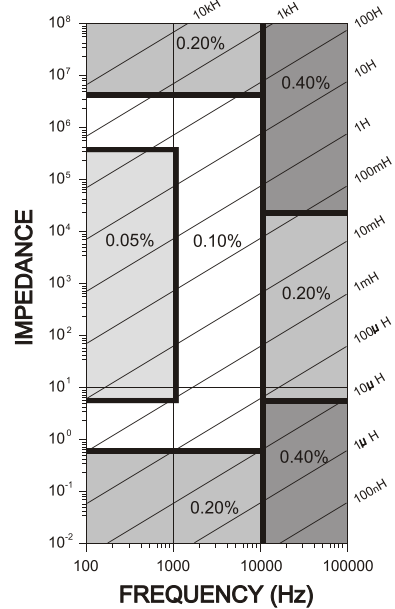
(아래의 Kh, KI표 참조)

Q의 정확도 = $\pm [(AI/100) \times (1+Q^2)]$

AI = L의 정확도

* Q의 정확도는 %가 아니라 단지 크기(Magnitude)이다.

BASIC INDUCTANCE ACCURACY FACTOR



Ki 표			
Meas, Rate	Frequency	Zm	Ki
Slow, Med	all		1
Fast	100Hz~1kHz	6.25Ω < Zm < 400kΩ	3
Fast	all other		2

* Zm = 2πf L=부품의 임피던스

Kh, KI 표		
Frequency	KI	Kh
100Hz, 120Hz	(2μH / Lm)	(Lm / 2.6MH)
1kHz	(0.1μH / Lm)	(Lm / 260kH)
10kHz	(0.02μH / Lm)	(Lm / 10kH)
100kHz	(0.02μH / Lm)	(Lm / 100H)

* Lm = 측정 되어지고 있는 인덕턴스

Kv 표	
Vout(Vrms)	Kv
1.0 ~ 0.55	1 / Vout
0.5 ~ 0.3	0.5 / Vout
0.25 ~ 0.15	0.25 / Vout
0.10	0.11 / Vout

C + D 정확도

C의 정확도 = $\pm [A \times Ki \times Kv + (Kh + KI) \times 100] \%$

A = 우측 그래프상의 기본적인

커패시턴스 정확도 계수.

D > 0.1일 경우, 우측의 계수에

(1+D)를 곱하여 사용.

만약 Constant Voltage Mode(CV)

이거나 Bias Mode인 경우에 2를

곱하여 사용.

Ki = Intergration Time Factor

(아래의 Ki표 참조)

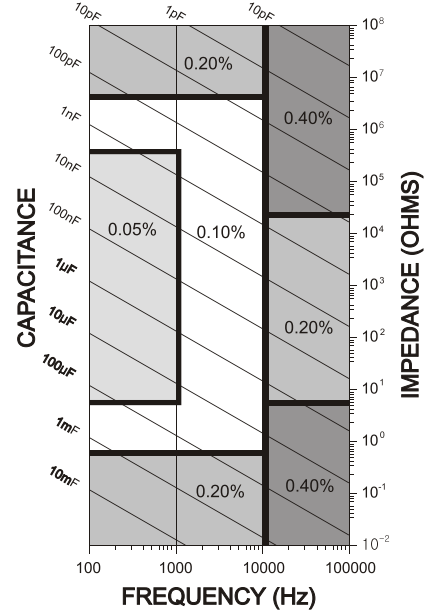
Kv = Voltage Error Factor

(아래의 Kv표 참조)

Kh, KI = Extreme Range Error Term

(아래의 Kh, KI표 참조)

BASIC CAPACITANCE ACCURACY FACTOR



D의 정확도 = $\pm [Ac / 100]$

Ac = C의 정확도

* D의 정확도는 %가 아니라 단지 크기(Magnitude)이다.

Ki 표			
Meas, Rate	Frequency	Zm	Ki
Slow, Med	all		1
Fast	100Hz~1kHz	6.25Ω < Zm < 400kΩ	3
Fast	all other		2

* Zm = 1/2 πfC = 부품의 임피던스

Kh, KI 표		
Frequency	KI	Kh
100Hz, 120Hz	(2pF / Cm)	(Cm / 1600mF)
1kHz	(0.1pF / Cm)	(Cm / 160mF)
10kHz	(0.01pF / Cm)	(Cm / 16mF)
100kHz	(0.02pF / Cm)	(Cm / 200μF)

* Cm = 측정 되어지고 있는 Capacitor의 값

Kv 표	
Vout(Vrms)	Kv
1.0 ~ 0.55	1 / Vout
0.5 ~ 0.3	0.5 / Vout
0.25 ~ 0.15	0.25 / Vout
0.10	0.11 / Vout

C + R 정확도

C의 정확도 = $\pm [A \times Ki \times Kv + (Kh + Ki) \times 100] \%$

A = 43 페이지 상의 기본적인 커패시턴스 정확도 계수.

만약, Bias Mode 이거나 Constant Voltage Mode(CV)일 경우에 2를 곱하여 사용.

Ki = Intergration Time Factor (아래의 Ki표 참조)

Kv = Voltage Error Factor (아래의 Kv표 참조)

Kh, Ki = Extreme Range Error Term (아래의 Kh, Ki표 참조)

R의 정확도 = $\pm [Ac \times (1 + 1/|D|)] \%$

Ac = 위의 공식에서 구해진 커패시턴스의 정확도이며, $D = R / (2\pi fC)$

*미소한 D값은 음의 저항값(R)을 가질수 있는데, 이것은 R의 정확도는 C의 크기에 의해 결정되기 때문이다. $D > 0.1$ 에서는 임피던스의 정확도가 먼저 계산 되어야 한다. 먼저 부품의 임피던스를 저항과 커패시터 요인을 포함해서 계산하여야 한다. 계산시에는 임피던스 정확도 그래프와 39페이지의 공식을 이용한다.

C와 R의 정확도는 다음과 같이 계산한다.

C의 정확도 = $\pm [Z_{AC} \times (1 + |D|)]$

R의 정확도 = $\pm [Z_{AC} \times (1 + \frac{1}{|D|})] \%$

여기서, Zac는 임피던스의 정확도이다.

만약 기기가 일정전압 모드이거나 내부 또는 외부 바이어스를 사용중이라면 Z의 기본 정확도에 2를 곱해야 한다.

Ki 표			
측정 속도	주파수	Zm	Ki
Slow, Med	all		1
Fast	100Hz~1kHz	$6.25\Omega < Zm < 400k\Omega$	3
Fast	all other		2
* $Zm = 1 / 2\pi fC$ = 부품의 임피던스			
Kv 표			
Vout(Vrms)		Kv	
1.0 ~ 0.55		1 / Vout	
0.5 ~ 0.3		0.5 / Vout	
0.25 ~ 0.15		0.25 / Vout	
0.10		0.11 / Vout	
Kh & Ki 표			
주파수	KI	Kh	
100Hz, 120Hz	(2pF / Cm)	(Cm / 2000mF)	
1kHz	(0.1pF / Cm)	(Cm / 200mF)	
10kHz	(0.01pF / Cm)	(Cm / 10mF)	
100kHz	(0.01pF / Cm)	(Cm / 100μF)	
* Cm = 측정되는 부품의 커패시턴스			

소 개

9216A는 RS232나 GPIB(IEEE-488)를 통해서 외부에서 프로그램이 가능하다.

9216A는 인터페이스를 통해 온 명령에 응답하고, 명령이 온 인터페이스에 대해 수신 확인을 보낸다. 모든 전면판과 후면판의 기능을 이용할 수 있다.

GPIB 통신

9216A는 IEEE-488.1(1978) 표준을 지원한다. 또한 IEEE-488.2(1987)에서 요구하는 공통명령어도 지원한다.

9216A와 GPIB와의 통신을 시도하기전에, 9216A의 번지를 먼저 설정해야 한다. 번지는 후면판의 스위치인 SW2를 이용한다. 스위치의 A0에서 A4까지를 이용해서 0에서 30까지의 번지를 설정할 수 있다. 각 스위치는 0(아래로)과 1(위로)의 값을 가진다. 번지는 다음의 공식을 이용해서 설정한다.

번지 $\rightarrow A0+2 \cdot A1+4 \cdot A2+8 \cdot A3+16 \cdot A4$

RS232 통신

9216A는 DCE (송신 : 3번핀, 수신 : 2번핀)와 CTS/DTR의 Hardware Handshaking을 지원하도록 구성되어 있다. 만약 원한다면 Handshake 핀을 무시하고 간단히 3단자(2, 3, 5번핀)회로만으로 구성할 수 있다.

9216A와 통신을 하기전에 RS232의 특성이 먼저 설정되어야 한다.

RS232 인터페이스의 설정은 후면판의 SW1 스위치로 설정한다. 앞의 세 스위치는 통신속도를 설정하는데 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600의 속도를 설정할 수 있다. 패리티를 ON 또는 OFF할 수 있고, ODD나 EVEN으로 설정할 수 있다. 그리고, 데이터의 Bit를 7bit 나 8bit로 설정이 가능하다.

RS232 통신을 위한 후면판의 SW1 설정

Bit 0	Bit 1	Bit 2	Baud Rate	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Selected
0	0	0	300	1			Parity ON
1	0	0	600	0			Parity OFF
0	1	0	1200		1		Even Parity
1	1	0	2400		0		Odd Parity
0	0	1	4800			1	8 Data Bits
1	0	1	9600			0	7 Data Bits
0	1	1	19200				

주의 만약 2진 데이터 출력형식을 사용하지 않을 경우는 9216A를 8bit로 설정해야 한다.

SW1의 각 스위치는 0(아래로)과 1(위로)의 값을 가진다. (제품 후면에 부착)

SW1의 8개 스위치중 가장 오른쪽이 Bit 0 이고 왼쪽으로 가면서 증가하여 가장 왼쪽이 Bit 7임.

SW1 부품 몸체에 마킹된 번호 및 표시는 다를 수 있으므로 주의 요.

전광판 LED

프로그래밍을 돕기 위해 9216A는 전면판에 3개의 상태 LED가 있다. ACT LED는 인터페이스를 통해 문자를 수신이나 송신시에 깜빡 거린다. ERR LED는 잘못된 명령어나, Range 설정 오류등의 오류가 발생했을 경우에 켜지게 된다. REM LED는 9216A가 REMOTE 모드에서 동작중임을 나타낸다. (전면판에서는 사용불가)

명령어 구조

9216A와의 통신은 ASCII 문자에 의해 행해진다. 9216A의 명령어는 의사기호(Mnemonic)로된 4개의 문자와, 필요할 경우에는 인자, 종결 명령의 구조를 가진다. 종결명령은 RS232에서는 <Cr> 또는 <LF>가 될 수 있고, GPIB에서는<LF>나 EOI가 될 수 있다. 종결 명령이 수신되기 전에는 명령을 실행하지 않는다. 모든 명령어는 GPIB와 RS232에서 완전 일치된다. IEEE-488.2의 공통 명령어는 "*"로 명령어가 시작된다. 이 명령어 또한 RS232와 일치된다. 명령어는 하나 또는 그 이상의 파라메타를 요구하는 경우가 있는데, 2개 이상의 파라메타는 ","기호로써 분리된다. 다중 명령어는 세미콜론(";")으로 분리되어 하나의 전송선으로 전송될 수 있다.

9216A는 256개의 문자에 대한 버퍼가 내장되어 있고, 수신된 순서에 따라 명령을 수행하므로 명령어 사이의 대기시간이 필요없다. 만약 수신 버퍼가 가득차게 되면 9216A는 GPIB와 RS232의 Handshaking을 미루게 된다. 수신 버퍼가 넘치면 버퍼의 내용을 삭제하고 오류를 발생시킨다. 비슷하게 9216A는 256문자의 출력버퍼도 가지고 있는데, 이것은 컴퓨터가 수신준비가 될때까지 출력을 저장하기 위해서다. 만약 출력버퍼가 넘치게되면 버퍼의 내용을 삭제하고 오류를 발생한다. GPIB의 출력버퍼는 범용 명령인 Device Clear 명령으로 삭제할 수 있다.

특수한 파라메타의 현재값은 9216A가 그값에 대해 Querying을 행함으로 결정되어 진다. Query는 명령기호에 물음표("?")를 추가하고, 변수를 생략하면 된다. (Query=질문명령) 만약 하나의 명령선에 복수개의 질문명령(Query)이 보내어 진다면 (이것 또한 세미콜론으로 나누어짐), 응답은 세미콜론으로 분리되어 즉각적으로 돌아올 것이다.

명령어 형식의 예제

FREQ2<lf> 측정주파수를 1000Hz로 설정(하나의 파라메타)
 FREQ?<lf> 현재 측정주파수에 대한 질문(하나의 파라메타에 관한 질문)
 BLIM 0, 3, 1000<lf> Bin 3의 상위 Limit를 1000Ω으로 설정(3개의 파라메타)
 BLIM? 0, 3<lf> Bin 3의 상위 Limit값에 대한질문(3개의 파라메타에 관한 질문)
 * IDN?<lf> 연결된 기기의 식별코드에 관한질문(파라메타가 아니고 질문임)
 * TRG?<lf> 측정 트리거(파라메타가 아님)
 FREQ1;FREQ?<lf> 주파수를 120Hz로 설정하고, 현재의 주파수를 물음

프로그램 오류

9216A는 명령 실행중 2종류의 오류를 발생할 수 있는데, 그것은 명령어 오류와 실행 오류이다. 명령어 오류는 명령어 구조가 잘못되었을 경우에 나타난다. 예를들어, 인식되지 않는 명령, 잘못된 질문, 종결명령이 없을 경우와 숫자가 아닌 인자등이 명령어 오류의 예이다. 실행 오류는, 구문적으로 맞는 명령어를 실행중에 생기는 오류이다. 예를들면, Range 파라메타의 범위가 벗어났거나, 측정된 모드의 동작에서 명령어가 잘못됐을 경우에는 실행 오류로 분류된다.

세부 명령어 목록

규정된 명령어에는 각각 4개의 문자 코드가 있다. 복수개의 파라메타는 Comma(,)에 의해 나누어 진다. {}안의 변수는 선택할 수 있거나 질문 명령일때는 {}안의 변수는 필요가 없게된다. 명령어 다음의 괄호안에 물음표를 삽입하게 되면 명령은 질문(Query)명령이 된다. 명령어를 질문 명령으로 바꾸기 위해서는 단지 명령어 뒤에 "?"만 삽입하면 된다. 아래의 목록에서()나 {}기호는 명령어의 일부가 아니므로 실제 사용시에는 추가하면 안된다.

측정 상태, 설정 명령

\$STL(?) {i}	\$STL 명령은 9216A의 Settling 시간을 ims로 설정한다. i의 값은 2~99가 된다. \$STL? 명령은 Settling 시간을 전송 받게된다.
AVGM(?) {i}	AVGM 명령은 평균측정 모드를 ON(i=1), OFF(i=0)할 수 있다. AVGM? 명령은 현재 측정모드의 상태를 알 수 있다.
BIAS(?) {i}	BIAS 명령은 9216A의 DC바이어스를 OFF(i=0), 내부(i=1), 또는 외부(i=2)로 설정할 수 있다. 만약 9216A가 커패시터스 측정모드가 아니라면 오류가 발생한다. BIAS? 명령은 현재의 BIAS 설정상태를 나타낸다.
CIRC(?) {i}	CIRC 명령은 9216A의 등가회로 모드를 직렬(i=0) 또는 병렬(i=1)모드로 설정할 수 있다. CIRC? 명령은 현재의 등가회로 모드를 알 수 있다.
CONV(?) {i}	CONV 명령은 일정전압 모드를 ON(i=1), OFF(i=0)로 설정한다. CONV? 명령은 일정전압 모드의 설정을 알 수 있다.

FREQ(?) {i}	FREQ 명령은 측정주파수를 100Hz(i=0), 120Hz(i=1), 1kHz(i=2), 10kHz(i=3), 100kHz(i=4)로 설정한다. FREQ? 명령은 현재의 측정주파수를 알 수 있다.
MMOD(?) {i}	MMOD 명령은 측정모드를 연속모드(i=0)와 트리거모드(i=1)로 설정한다. MMOD? 명령은 현재의 측정모드를 알 수 있다.
PMOD(?) {i}	PMOD 명령은 파라메타 모드를 설정한다. Auto(i=0), R+Q(i=1), L+Q(i=2), C+D(i=3), R(i=4)가 된다. PMOD? 명령으로 현재의 파라메타모드를 알 수 있다.
RATE(?) {i}	RATE 명령은 측정속도를 Fast(i=0), Medium(i=1), Slow(i=2)로 설정한다. RATE? 명령으로 현재의 상태를 알 수 있다.
RNGE(?) {i}	RNGE 명령은 측정 Range를 100k Ω (i=0), 6.4k Ω (i=1), 400 Ω (i=2), 25 Ω (i=3)으로 설정한다. 이 명령을 실행하면 기기는 자동적으로 고정 Range 모드로 전환된다. 100k Ω Range는 100kHz에서는 사용할 수 없다. RNGE? 명령으로 현재의 측정 Range를 알 수 있다.
RNGH(?) {i}	RNGH 명령은 고정 Range모드를 ON(i=1), OFF(i=0)할 수 있다. 고정 Range모드가 off 되었을때, 9216A는 Auto Range로 전환된다. RNGH? 명령으로 현재의 상태를 알 수 있다.
VOLT(?) {x}	VOLT 명령은 측정전압을 x VOLT로 설정한다. x의 값은 0.1V~1.0V이다. VOLT? 명령으로 현재의 측정전압을 알 수 있다.

측정 제어 명령

PREL(?) {x}	PREL 명령은 Deviation 및 % Deviation 측정시에 상대값을 \times 로 설정한다. 만약 9216A가 AUTO모드에 있다면 오류가 발생할 것이다. 단 위는 R+Q에서는 저항, L+Q에서는 헨리, C+D와 C+R에서는 패럿이 된다. PREL? 명령으로 기준 값을 알 수 있다.
STRT	STRT 명령으로 측정을 시작한다. 만약 측정이 진행중이라면 이 명령은 무시된다.
STOP	STOP 명령은 현재의 측정을 중지시킨다.
* TRG	IEEE 공통 명령어인 *TRG 명령은 STRT명령과 같이 동작된다.

측정 결과 명령어

아래의 명령어들은 측정의 결과를 알려주는 명령이다. 결과는 ASCII 또는 2진 데이터의 형식을 가진다. 그리고 측정상태 정보가 포함될 수도 있고 포함되지 않을 수도 있다.

OUTF(?) {i}

OUTF 명령은 ×의 명령을 Verbose ASCII(i=0), Concise ASCII(i=1), Verbose Binary(i=2), Concise Binary(i=3)으로 설정해 준다. Verbose 형식은 측정값과 상태정보를 같이 회답한다. Concise 형식은 측정값만을 회답한다. 두 형식에 대한 자세한 설명은 아래에 되어있다.

OUTF? 명령은 현재의 데이터 형식을 알려준다.

VERBOSE ASCII

이 형식은 상태 및 측정데이터를 ASCII 문자열로 아래에 나타내었다.

Byte	문자	의미
1	상태	첫 Byte는 측정 상태이다.
	G	적절한 환경이며, 오류가 없다.
	I	측정이 무효이다. 측정이 종결되지 않았다. A / D 변환회로에서 오류가 발생했다.
	L	측정이 과부하 상태에서 행해졌다.
	U	Underrange 이다. 측정값이 Range의 값 보다 낮게 측정되었다.
	O	Overrange 이다. 측정값이 Range 값을 초과하였다.
	R	Range 범위를 벗어났다. 측정값은 9216A의 현재 Range를 초과했다.
2	0, 1, 2, 3	현재 측정에서의 Range값
3	R, L, C	질문이 주 측정값(R, L, C)이면 주 파라메타의 종류가 나타나고
	Q, D, R	질문이 부 측정값(Q, D, R)이면 부 파라메타의 종류가 나타난다.
4-N	Value	측정값이 지수법으로 나타난다. 만약 측정이 무효, 과부하, 또는 측정범위를 벗어났을 경우에는 9.9999E20으로 나타난다. 측정값에 대한 단위는 저항이면 옴, 인덕터일때는 헨리, 커패시터일때는 패럿이다. 그리고 % Deviation일 경우에는 %이다.

Verbose ASCII에 대한 한가지 예를들면 "G2R1.234E-6" 처럼 나타난다.

CONCISE ASCII

Verbose ASCII에서 설명했던 측정값에 대한 부분만 회답한다. 예를들면 "1. 234E-6"이 된다.

VERBOSE BINARY 이 형식은 9216A의 상태와 측정값이 8 Bit의 2진 Byte가 차례대로 회답된다. 회답되는 Byte의 자세한 설명은 아래에 있다.

Byte	Value	의미
1, 2	'#0'	#와 0의 ASCII값은 23H와 30H IEEE의 2진 블록데이터 출력기라는 것을 표시해주는 정보이다.
3	상태	부호화된 상태 Byte이다. 각 Bit의 값은 아래와 같이 주어진다.
	XXXX0000	적절한 환경이며, 오류가 없다.
	XXXX0001	측정이 무효이다. 측정이 종결되지 않았다. A/D변환 회로에서 오류가 발생했다.
	XXXX0010	측정이 과부하 상태에서 행해졌다.
	XXXX0100	Underrange이다. 측정값이 Range의 값보다 낮게 측정되었다.
	XXXX10000	0 Verrange이다. 측정값이 Range의 값을 초과하였다.
	XXXX1111	범위를 벗어났다. 측정값은 현재의 측정 Range에서 측정할 수 없는 값이다.
	XX00XXXX	R+Q
	XX01XXXX	L+Q
	XX10XXXX	C+D
	XX11XXXX	C+R
	OOXXXXXX	Range 0
	O1XXXXXX	Range 1
	1OXXXXXX	Range 2
	11XXXXXX	Range 3
4-7	Value	측정값은 4byte(32bit)의 IEEE의 표준형식으로 회답된다. 마지막 유효숫자가 먼저 보내어진다(PC 형식과같음). 측정이 무효, 과부하 또는 측정범위를 벗어났을 경우에는 9.9999E20으로 나타난다.
8	Linefeed	Linefeed는 결과 종료를 의미한다(GPIB에선 EOI와 함께 사용된다).

CONCISE BINARY 상태바이트(Byte3)가 보내지지 않는 것을 제외하고는 상기의 Verbose Binary와 동일하다.

- XALL?** XALL? Query는 주파라메타, 부파라메타 및 Bin수를 회답한다. 이 3개값의 형식은 OUTF 명령에 의해 결정된다. 이 3개의 응답은 ASCII 형식에서는 콤마에 의해 분리되고, Binary 형식에서는 분리되지 않는다. 필요한 모든 상태정보는 주, 부 파라메타와 함께 보내어지기 때문에 Bin수는 상태정보가 포함되어 보내지지 않는다. Bin수는 2진형식으로 이루어진 단 한개의 바이트의 이진 정수이며 32bit부동 소수점의 수가 아니다.
- XBIN?** XBIN? Query는 현재 측정에서의 Bin수를 회답한다. 만약 Binning이 동작중이 아니거나, 측정이 무효이면 값은 99가된다. 2진형식에서 Bin수는 1Byte의 정수로 전송된다 (32bit의 부동 소숫점수가 아님).
- XDLT?** XDLT? Query는 기준값과 주 파라메타의 측정값과의 차이를 회답한다 (PREL 명령참조). 기준값이 0 이거나, 파라메타모드가 AUTO이면 오류가 발생된다. 값은 OUTF 명령에 의해 정의된 형식대로 발생된다.
- XMAJ?** XMAJ? Query는 주 파라메타의 값을 회답한다. 값은 OUTF 명령에 의해 정의된 형식대로 발생된다.
- XMIN?** XMIN? Query는 부 파라메타의 값을 회답한다. 값은 OUTF 명령에 의해 정의된 형식대로 발생된다.
- XPCT?** XPCT? Query는 기준값과 주 파라메타의 차이를 백분율로 응답한다 (PREL 명령참조). 기준값이 0 이거나 파라메타모드가 AUTO일 경우에는, 오류가 발생된다. 값은 OUTF 명령에 의해 정의된 형식대로 발생된다.

BINNING 명령

- BCLR** BCLR 명령은 모든 Bin의 기준값을 삭제하고, 모든 Bin에 대한 Limit값을 삭제한다. BCLR 명령은 또한 Binning을 OFF한다.
- BING(?)*{i}*** BING 명령은 Binning을 OFF (*i*=0), ON(*i*=1)한다. 개방된 Bin이 없거나, 9216A가 AUTO모드이면, 오류가 발생한다.
- BLIM(?)*i, j, {,x}*** BLIM 명령은 Bin의 Limit값을 설정한다. 만약 *i*=0이면 Bin *j*의 상위 Limit값이 X%가 된다. 만약 *i*=1이면 Bin *j*의 하위 Limit값이 X%가 된다. *j*의 값은 0에서 7이 되어야 한다. Bin의 상위 Limit값이 하위 Limit값 보다 반드시 먼저 설정되어야 한다.

그리고 하위 Limit값은 상위 Limit값 보다 같거나 작아야 한다. 만약 하위 Limit값이 설정되지 않았다면, 9216A는 상위 Limit값에 "-"부호를 붙혀 하위 Limit값으로 사용하게 된다.

BNOM(?) i {,x}

BNOM 명령은 Bin i 기준값을 X로 설정한다. i의 값은 0에서 8이다.

만약, 기준값이 없는 Bin이 있다면, 9216A는 한단계 낮은 번호의 Bin에 기준값을 이용하게 된다. Bin 0에는 Binning을 위해서는 반드시 기준값이 입력되어야 한다. BNOM? i 명령은 Bin i의 기준값을 알려준다.

설정과 제어 명령

***IDN?**

*IDN?은 9216A의 신분(Identity)을 질문하는 명령이다.

9216A의 ID는 "9216A,1.02"의 형태를 지닌다. 뒤의 1.02은 9216A의 Firmware의 버전이 된다.

***OPC(?)**

*OPC(동작완료, Operation Complete) 공통명령/요구는 명령의 실행을 9216A의 측정과정에 동기시켜준다. *OPC 명령은 Standard Event Status Byte의 bit를 측정이 종료되었을때 1로 만들어 준다. *OPC? Query는 측정이 종료 되었을때 1을 회답한다.

예를들면 START; *OPC? 명령은 측정을 시작하고 종료됐을 경우에 1을 답한다. 그리고 나서 답이 참조가 될 준비가 되었음을 통제 프로그램이 알게 될 것이다.

***RCL i**

*RCL 명령은 i번에 저장된 설정을 불러낸다. i의 값은 0에서 9가 될것이다. 저장된 것이 없을 경우에는 실행오류가 발생된다. *RCL 0는 초기설정이 된다.

***RST**

*RST 명령은 9216A를 초기화한다.

***SAV i**

*SAV 명령은 현재 기기의 설정을 i번에 저장한다.(1~9)

***WAI**

*WAI 명령은 현재 진행중인 모든 측정이 끝날때까지 명령의 실행을 중단시킨다.

예를들어 STRT;*WAI; XALL? 명령은 측정을 시작하고, 측정이 끝날때까지 명령의 실행을중단한 후, XALL? 명령을 실행하여 측정 결과를 보여준다..

상태 보고 명령

***CLS**

*CLS 명령은 모든 상태 레지스터의 내용을 삭제한다. 이 명령은 상태가능 레지스터에는 영향을 주지 않는다.

***ESE(?)i}**

*ESEi 명령은 Standard Event 상태 Byte Enable 레지스터의 값을 십진수 i(0-255)의 값으로 변경시킨다. *ESE? Query는 상태 Byte Enable 레지스터의 값을 회답한다.

- *ESR?{i}** *ESR? 명령 Query는 Standard Event 상태 Byte의 값을 회답한다. 값은 0에서 255까지의 십진수로 이루어진다. *ESR? i Query는 Bit i(0~7)의 값(0~1)을 보내어 준다. Bit i를 읽으면 Bit i만을 Clear시키고 Byte 전체를 읽으면 전체가 Clear 된다.
- *PSC(?){i}** *PSC 명령은 전원 ON상태 Bit를 설정한다. 만약 i=1이면 모든 상태 레지스터의 값이 전원을 켤때, 지워지게 된다. i의 값을 0으로하면 상태 레지스터와 Enable 레지스터의 값은 전원을 OFF할때의 상태를 유지하게 된다.
- *SRE(?){i}** *SREi 명령은 직렬 Poll Enable 레지스터를 십진수 i(0-255)의 값으로 설정한다. *SRE? Query는 직렬 Poll Enable 레지스터의 값을 회답한다.
- *STB?{i}** *STB? Query는 직렬 Poll Byte의 값을 보내준다. 값은 0-255의 십진수이다. *STB? i 명령 Query는 Bit i의 값을 보내준다. 이 값을 읽는것은 그것의 값에는 영향이 없다.
- SENA(?){i}** SENa 명령은 LCR 상태 Enable 레지스터를 십진수 i로 설정한다. SENa? Query는 LCR상태 Byte의 값을 알 수 있다.
- STAT?{i}** STAT? Query는 LCR 상태 Byte의 값을 읽는다. 값은 0-255까지의 십진수로 돌아온다. STAT? i 명령은 Bit i의 값을 읽는다.

HARDWARE 시험과 교정명령

- *CAL? i** *CAL? i 공통 명령어는 9216A의 자체 교정 루틴을 시작한다. 교정이 끝난 후에는 교정의 상태가 되 돌아온다. i 파라미터는 어떤교정을 실행할지를 결정한다. 만약 i가 0이면, Short 회로교정을 실행할 것이다. 또한 i가 1이면, Open 회로교정을 실행할 것이다. 그리고, i가 2이면, 표준 저항교정을 실행한다. 교정에 대한 상태는 아래의 값으로 되 돌아온다.

상태	의미
0	오류가 없음.
1	측정 오류(과부하 등)
2	Short 회로교정 오류, Short 회로의 임피던스가 너무 높음.
3	Open 회로교정 오류, Open 회로의 임피던스가 너무 낮음.
4	표준저항 교정오류, 표준저항 교정값이 범위를 벗어났음.

- *TST?** *TST? 명령은 9216A의 내부 자체시험을 실행한다. 시험이 끝난후, 시험결과가 되 돌아오는데 그값은 아래의 값을 가질 수 있다.

상태	의미
0	오류가 없음.
1	CPU오류. CPU에 문제가 발생했다.
2	Code의 오류. ROM의 Checksum 오류가 발생했다.
3	시스템 RAM오류. 시스템 RAM이 시험 도중 오류를 일으켰다.
4	교정 데이터오류. 교정 데이터가 더이상 유효하지 못한다.
5	Clock 발생기오류. 측정 주파수 시험중 오류발생
6	A/D 변환 회로오류. A/D 변환기 또는 증폭 회로시험중 오류발생.
7	Drive오류. Sine 파의 출력전압 오류발생
8	측정증폭 회로오류, 입력증폭 회로오류.
9	출력오류, 출력 임피던스 선택회로 오류. 이 경우에는 시험도중에 부품이 Fixture에 연결되어 있을 경우에 발생할 수 있다.

\$CBT(?)i,{j}	\$CBT 명령은 진폭 Calbyte i의 값을 j로 설정한다. i의 값은 0~94이고, j의 값은 0~255이다.
\$CFT(?)i,{x}	\$CFT 명령은 부동소수점 Calbyte i의 값을 x값으로 바꾸어 준다.
\$CMJ(?)x	\$CMJ 명령은 표준저항 교정시 사용될 주 파라메타의 값을 x 오옴으로 설정한다. 만약 x의 값이 기준값보다 10% 이상 차이가있을 경우에는 오류가 발생한다.
\$CMN(?)x	\$CMN 명령은 표준저항 교정시 부 파라메타의 값을 설정한다. x의 단위는 ppm이며, 범위는 ± 9999.9 ppm이 된다. \$CMN? Query는 현재의 부 파라메타 값을 읽는다.
\$CNT?	진단 모드일때 순수한 A/D 변환 회로의 카운트 값을 읽는다.
\$CRN(?)i	\$CRN 명령은 표준저항 교정시 교정할 Range를 설정한다. \$CRN? 명령으로 현재의 교정 Range를 알 수 있다.
\$CTS?i	\$CTS 명령은 정상 측정시 순수한 A/D 변환회로의 카운트 값을 읽는다. i = 0 와 i = 1일때, 전압 측정계수를 동위상과 구적법에 의해 보내어 진다. i = 2 와 i = 3 일 경우에는 전류 측정에 대하여 동위상과 구적법에 의하여 보내어진다.
\$DIA(?)i	\$DIA 명령은 진단모드 측정을 ON(i=1), OFF(i=0)한다. \$DIA? 명령은 진단모드의 상태를 보고한다.

\$FRQ(?)$\{x\}$	\$FRQ 명령은 주파수 보정인자를 x ppm으로 설정한다. x의 값은 0.1 ppm 단위에서 반올림하고, ± 10000 ppm보다 작아야 한다. \$FRQ? 명령은 현재의 주파수 교정인자를 보고한다.
\$GAN(?)$\{i\}$	\$GAN 명령은 기기가 진단모드에서 동작될때, 측정용 증폭기의 이득을 i로 설정한다. \$GAN? 명령으로 현재의 이득 설정을 알 수 있다.
\$INP(?)$\{i\}$	\$INP 명령은 기기가 진단모드에서 동작중일때, 입력 선택기를 i의 입력으로 연결하여 준다. \$INP? 명령은 현재의 입력설정을 알 수 있다.
\$INT(?)$\{i\}$	\$INT 명령은 출력파형의 i 주기동안 측정을 하도록 한다. i의 값은 1~10000이 된다. 또한, 전체 측정시간은 10초 이하로 제한된다.
\$PHS(?)$\{i\}$	\$PHS 명령은 기기가 진단모드에서 동작될때, 출력 신호에 대한 측정위상을 설정한다. 위상은 0 ($i = 0$), 180 ($i = 1$), 90 ($i = 2$), 270 ($i = 3$)의 값을 가질 수 있다. \$PHS? 명령은 현재의 측정위상을 보여준다.
\$RND(?)$\{i\}$	\$RND 명령은 측정결과 값의 Digit수를 조절한다. 만약 $i = -1$ 이면, 현재의 Range에서 나타낼 수 있는 최대의 Digit를 나타낸다(보통상태). $i = 0, 1, 2, 3$ 이면 측정 결과는 $5 - i$ 의 Digit로 표시가 된다.

상태 BYTE의 정의

9216A는 세개의 상태 Byte를 가진다(직렬 Poll 상태 Byte, 표준 상태 Byte, LCR 상태 Byte).
9216A의 전원을 켤때, 상태 Enable 레지스터를 삭제하거나 전원을 끄기 전의 상태로 유지할 수 있다.
이 동작은 PSC 명령에 의해 설정된다.

직렬POLL BIT 상태 BYTE	Bit	이름	용도
	0	준비	9216A의 측정을 실행할 준비가 되었다.
	1	사용안함	
	2	사용안함	
	3	LCR	LCR 상태 레지스터의 Unmasked Bit가 설정되었다.
	4	MAV	GPIB 출력 Query가 비어있지 않다.
	5	ESB	표준상태 Byte의 Unmasked Bit가 설정되었다.
	6	RQS/MSS	SRQ(Service Request) Bit
	7	No Command	입력 대기열에 실행하지 않은 명령이 없음.

LCR과 ESB Bit는 각각의 상태 레지스터의 Unmasked Bit가 설정될 때마다 설정된다.
대응되는 Enable 레지스터의 대응되는 Bit로 설정함으로써 Bit가 Unmasked 된다.

표준 EVENT 상태 BYTE	Bit	이름	용도
	0	OPC	측정이 종료되었을 때 OPC 명령에 의해 1이 된다.
	1	사용안함	
	2	Query 오류	출력 Query가 초과될때 1이 된다.(전송할 데이터가 너무 많음)
	3	사용안함	
	4	실행오류	Range 파라미터 설정오류, 또는 몇몇 명령이 실행되지 못했음.
	5	명령오류	명령어 구조의 오류, 또는 인정되지 않은 명령
	6	URQ	아무키나 누르면 1이됨.
	7	PON	전원이 켜지면 '1'이됨.

이 상태 Byte는 IEEE-488.2에 의해 정의되었고, 인터페이스를 통해서 받은 명령속의 오류를 사용한다.

LCR 상태 BYTE	Bit	이름	용도
	0	연산오류	부동 소숫점 연산오류시 1이됨.
	1	A/D오류	A/D 변환오류시 1이됨.
	2	과부하	증폭회로의 오류시 1이됨.
	3	Underrange	현재 Range의 측정범위보다 측정값이 낮을 경우 1이됨.
	4	Overrange	현재 Range의 측정범위보다 측정값이 높을경우 1이됨.
	5	Out of Range	현재 Range의 유효한 측정을 할 수 없을때 1이됨.
	6	사용안함	
	7	Menu오류	전원을 켤때 저장된 설정이 유효하지 못할때 1이됨.

성능 확인

이 장에 있는 성능확인 절차에 의해 9216A의 성능을 검증하고, 이 설명서의 앞부분에 있는 오차와 비교해 볼 수 있다. 먼저 기기의 기본적기능을 시험하고, 두번째로 정확한 오차를 검증할 수 있다. 각 부분에 대한 시험 결과는 이장의 마지막에있는 Test Sheet에 기록할 수 있다.

기능 시험

9216A의 기본적인 기능들을 간단히 시험한다. 이것은 기기의 정확도를 가리키는것은 아니다.

필요한 장비	Analog Oscilloscope with 10M Ω Probe	100MHzBandwidth
	24.9 Ω	저항 0.1%
	402 Ω	저항 0.1%
	6.34k Ω	저항 0.1%
	100k Ω	저항 0.1%
	22 nF콘덴서1%NPO	

전면판 시험

전면판의 각 LED와 키를 시험한다.

- 1) [DISP]키를 누른 상태에서 전원을 켜다. 왼쪽 표시기의 3번째 Digit중 하나가 켜질 것이다.
- 2) [↓]키를 누르면 각각의 Segment가 하나씩 켜지고, 4번째 Digit도 같은 순서를 반복하게된다. 한번에 하나의 LED만 켜지며, [↑]키를 누르면 반대 순서로 LED가 켜진다.
- 3) [↓]키를 계속 누르면(17번째) 12 Digit의 모든 Segment가 켜진다. AUTO LED도 같이 켜진다.
- 4) [↓]키를 연속적으로 누르면 표시기의 25개 LED와 키패드의 26개 LED가 한번에 하나씩 순차적으로 켜지게 된다.
- 5) 모든 LED시험이 끝난후 전면판의 키를 누르게 되면, 그 키에 해당하는 코드가 표시된다.
- 6) 이 모드를 빠져나오기 위해서는 전원을 꺼야한다.

자체 진단

내부자체 시험은 9216A의 기능들을 점검한다.

전원을 켜면, "9216A"이란 메시지가 약3초간 표시된다. 다음에 'Test-----'란 메시지가 자체시험하는 동안 표시된다. 시험이 성공적으로 종료되면 'Test Pass'란 메시지가 표시된다.

그렇지 않으면 오류메시지가 표시될 것이다. 이 오류 메시지에 대한 설명은 고장수리 부분에 설명되어 진다.

출력 전압

이것은 9216A의 각각 주파수와 진폭에서의 출력 전압을 체크한다.

- 1) 9216A를 1KHz, 1.0V, Constant Voltage 모드로 한다. Oscilloscope는 1V/DIV, 0.5ms / DIV으로 하고, $\times 10$ Probe로 연결한다.
- 2) Probe의 Tip을 "IH" 단자에 연결하고, 접지는 BNC의 접지에 연결한다.
- 3) Oscilloscope에 수평으로 2칸과 수직으로 약 5.5칸의 파형이 나타나야 한다. 이 파형은 깨끗한 정현파여야 한다.
- 4) 진폭을 0.25V, 0.1V로 변화하면서, 출력이 2%를 벗어나지 않는지 확인한다.
- 5) 진폭을 1.0V로 변화하고, 9216A의 주파수를 100Hz, 120Hz, 10kHz, 100kHz로 변화하면서 출력 전압이 2%를 넘지 않는지 확인한다.

저항 측정

여기서는 9216A의 동작과 각 Range에서의 부품을 측정하는 능력을 확인한다. 측정값에는 오차를 포함하게 되는데, 이것은 저항의 오차와 9216A의 오차를 포함하게 된다.

- 1) [RCL] [0] [ENTER]를 눌러 기기를 초기화한다.
- 2) Open 및 Short 교정을 실시하여, 분포 임피던스를 상쇄한다.
- 3) 기기를 R+Q 모드, 직렬등가 회로모드, 1kHz로 설정한다. 24.9 Ω 저항을 Fixture에 삽입 한다. 측정값이 $\pm 0.15\%$ 에 만족하는지 확인한다. Q값은 +0.0001이하가 되는지 확인한다.
- 4) 402 Ω 의 저항을 Fixture에 삽입한다. 측정값이 $\pm 0.15\%$ 에 만족하는지 확인한다. Q값은 +0.0001이하가 되는지 확인한다.
- 5) 등가회로를 병렬로 전환하고, 6.34k Ω 을 Fixture에 삽입한다. 측정값이 $\pm 0.15\%$ 를 만족 하는지 확인한다. Q값은 -0.0001보다 작아야 한다.
- 6) 100k Ω 을 삽입하고 $\pm 0.15\%$ 이내를 만족하는지 확인한다. Q값은 -0.0005 보다 작아야 한다. (절대값이 작게 되어야 함)

커패시턴스 측정

- 1) 만약 Fixture가 바뀌었으면, Open 및 Short 교정을 실시한다.
- 2) 9216A를 C+D, 병렬 등가회로, 1kHz로 설정한다.
- 3) 22nF 커패시터를 Fixture에 삽입한다. 측정값이 $\pm 1.10\%$ 를 만족하는지 확인하고 D값이 0.0001이하가 되는지 확인한다.
- 4) 주파수를 100Hz로 변화시키고, 측정값이 위의 범위를 만족하는지 확인한다. 120Hz에서도 같은 과정을 반복한다.
- 5) 10kHz와 100kHz에서도 측정한다. 10kHz에서는 측정값이 $\pm 1.15\%$ 를 만족해야 하고, 100kHz에서는 $\pm 1.25\%$ 를 만족해야 한다. D값은 10kHz에서 0.001, 100kHz에서는 0.01이하가 되어야한다.

성능 시험

여기서는 9216A의 정확도를 시험한다. 여기의 시험결과는 이장 끝부분의 Test Sheet에 기록할 수 있다.

필요한 장비	기기명	정확도
	Time Interval Counter	Time Interval Accuracy 1ns Max
	DC/AC Voltmeter	5 1/2 Digit True RMS AC to 100kHz
	Decade 저항	0.02%, 1Ω~1MΩ
	Decade 커패시터	0.05%, 1000pF~10μF
측정 환경	예열시간 : 최소 30분 측정온도 : 23℃±5℃	
주파수 정확도	이 시험은 서로 다른 출력 주파수에서의 정확도를 측정해야 한다. 측정값은 0.01%(100ppm)이내이어야 한다. 1)9216A를 초기화 한다([RCL] [0] [ENTER]). 기기를 일정 전압모드로 하고, 1kHz로 설정한다. 2)주파수 카운터를 1H단자에 연결한다. 3)주파수 값이 1kHz±0.1Hz를 만족하는지 확인하고, 결과를 기록한다. 4)다른 주파수(100Hz, 120Hz, 10kHz, 100kHz)에서도 측정을 반복하고, 결과를 기록한다.	
진폭 정확도	이 시험은 출력전압의 정확도를 측정한다. 결과는 ±2.0%를 만족하여야 한다. 1)Radial Fixture를 연결한 후, Fixture의 양단에 Volt Meter를 연결한다. Volt Meter의 '+', '-'를 접지에 연결하면 안된다. Volt Meter는 AC, Autorange 모드로 한다. 2)9216A를 초기화 한다([RCL] [0] [ENTER]). 기기를 일정 전압모드로 한다. 출력전압을 1kHz, 1Vrms로 설정한다. 측정값이 1.02~0.98Vrms를 만족하는지 확인한 후, 결과를 기록한다. 3)다른 주파수(100Hz, 120Hz, 10kHz, 100kHz)에서도 시행한다. 모두 1.02~0.98 Vrms를 만족하는지 확인한 후, 결과를 기록한다. 4)주파수를 1kHz를 설정한후, 0.25V와 0.10V에서도 전압을 측정한다. 측정값이 ±2%를 만족하는지 확인한후 결과를 기록한다.	

5) Volt Meter를 DC 모드로 한다. 9216A는 C+D, 100kHz, 0.10V, 내부 바이어스를 ON 한다. DC 측정전압이 $2V \pm 2\%$ 를 만족하는지 확인한다.

임피던스 정확도

이 시험은 9216A의 임피던스 정확도가 명시된 것과 일치하는지를 확인한다. 그에 따라, 정밀 표준기가 필요하게 된다. 수용할 수 있는 최대, 최소값은 9216A의 오차와 표준기의 오차를 합하여 결정된다. 예를 들어, 1.000k Ω 에서의 9216A의 오차가 $\pm 0.05\%$ 이고, 표준저항의 오차가 $\pm 0.02\%$ 일 때, 전체적인 오차는 $\pm 0.07\%$ (0.7 Ω)이 된다. 그래서, 수용할 수 있는 값은 999.3 Ω - 1000.7 Ω 이 된다. 만약 서로 다른 오차를 가진 표준기를 사용하고 있다면 수용 가능한 한계는 조정되어야 한다.

저항 정확도

1) IH와 IL의 접지선은 Decade 저항의 Case 접지와 연결한다. PH 및 PI선은 Decade 저항의 '+' 및 '-'에 연결하고, IH 및 IL선도 마찬가지로 '+' 및 '-'에 연결한다.

9216A를 초기화([RCL] [0] [ENTER])하고, R+Q 모드와 1Hz를 선택한다.

2) PH 및 IH 선을 Decade 저항으로부터 제거한 후 PL 및 IL이 연결되어 있는 '-' 단자에 연결한다. Short회로 교정을 실시한다. PH 및 IH 선을 단자로부터 제거한 후 Open 회로 교정을 실시한다.

3) PH 및 IH 선을 Decade 저항의 '+' 단자에 연결하고, 다이얼을 '0'으로 한다.

4) 9216A의 저항 측정값을 기록해둔다. 이것은 스위치의 접촉 및 단자등에 의한 저항 값이 된다. Entry모드에서 이값을 입력한다. 그리고 9216A를 Deviation모드로 설정한다.

5) Decade Resistor와 9216A를 아래의 저항 정확도표를 보고 설정한다. 측정값이 오차 범위를 벗어나지 않는지 확인하고, 결과를 기록한다.

저항 정확도 표

저항값	Range	측정 조건	오차범위(저항의 오차포함)
10.0	3	1 kHz, Series	9.9930~10.007
25.0	3	1 kHz, Series	24.983~25.018
25.0	3	10 kHz, Series	24.970~25.030
25.0	3	100 kHz, Series	24.945~25.055
100.0	3	1 kHz, Series	99.930~100.07
100.0	2	1 kHz, Series	99.930~100.07
400.0	2	1 kHz, Series	399.72~400.28
400.0	2	10 kHz, Series	399.52~400.48
400.0	2	100 kHz, Series	399.12~400.88
1.6000K	2	1 kHz, Parallel	1.5989K~1.6011K
1.6000K	1	1 kHz, Parallel	1.5989K~1.6011K
6.4000K	1	1 kHz, Parallel	6.3955K~6.4045K
6.4000K	1	10 kHz, Parallel	6.3923K~6.4077K
6.4000K	1	100 kHz, Parallel	6.3859K~6.4141K
25.0000K	1	1 kHz, Parallel	24.983~25.018K
25.0000K	0	1 kHz, Parallel	24.983~25.018K
100.0000K	0	1 kHz, Parallel	99.930K~100.07K
100.0000K	0	10 kHz, Parallel	99.880K~100.12K
400.0000K	0	1 kHz, Parallel	399.72K~400.28K

* 만약 Q의 값이 0.1보다 크면, 오차범위에 1+Q를 곱해서 사용한다.

용량 정확도

- 1) IH와 IL의 접지선은 표준 커패시터의 접지단자에 연결한다. PH와 IL은 표준 커패시터의 '+'와 '-' 단자에 연결한다. 그리고 IH 및 IL을 표준 커패시터의 '+'와 '-' 단자에 연결한다. 9216A를 초기화하고 ([RCL] [0] [ENTER]), R+Q, 1kHz로 설정한다.
- 2) 표준 커패시터의 '+' 단자에 연결된 IH, PH선을 제거하여 '-' 단자에 연결한다. Short 회로 교정을 실시한다. IH와 PH 선을 '-' 단자로부터 제거하고, Open 회로교정을 실시한다.
- 3) PH와 IH 단자를 '+' 단자에 연결한다. 모든 다이얼을 0으로 설정하고 측정한다. (접속단자 용량)
- 4) 표준 커패시터와 9216A를 다음의 표와 같이 변화하면서 오차범위를 만족하는지 확인한다. (단, 측정치에서 다이얼을 0으로 했을때의 접속단자 용량을 뺀 것)

커패시턴스 정확도 표

커패시턴스	주파수	Range	오차범위(콘덴서의 오차포함)
1.0n	1kHz	0	0.99930n~1.0007n
1.0n	10kHz	1	0.99880n~1.0012n
1.0n	100kHz	2	0.99780n~1.0022n
10.0n	100Hz	0	9.9930n~10.007n
10.0n	1kHz	1	9.9930n~10.007n
10.0n	10kHz	2	9.9880n~10.012n
10.0n	100kHz	2	9.9780n~10.022n
100n	100Hz	1	99.930n~100.07n
100n	1kHz	2	99.930n~100.07n
100n	10kHz	2	99.880n~100.12n
100n	100kHz	3	99.780n~100.22n
1 μ	100Hz	2	0.99930 μ ~1.0007 μ
1 μ	1kHz	2	0.99930 μ ~1.0007 μ
1 μ	10kHz	3	0.99880 μ ~1.0012 μ
10 μ	100Hz	2	9.9930 μ ~10.007 μ
10 μ	1kHz	3	9.9930 μ ~10.007 μ

9216A 성능 시험 결과

기기 번호 :

날 짜 :

작 성 :

사용기기 :

기능시험

	Pass	Fail
전면판시험	—	—
자체 진단	—	—
출력전압	—	—
저항값시험	—	—
커패시터시험	—	—

주파수 정확도

설정주파수	최소값	측정값	최대값
100 Hz	99.99Hz	—	100.01Hz
120 Hz	119.99Hz	—	120.01Hz
1 kHz	999.90Hz	—	1000.1Hz
10 kHz	9999.0Hz	—	10001.0Hz
100 kHz	99990.0Hz	—	100010.0Hz

전압 정확도

설정전압	주파수	최소값	측정값	최대값
1.0 Vrms	1 kHz	0.98 Vrms	—	1.02 Vrms
1.0 Vrms	100 Hz	0.98 Vrms	—	1.02 Vrms
1.0 Vrms	120 Hz	0.98 Vrms	—	1.02 Vrms
1.0 Vrms	10 kHz	0.98 Vrms	—	1.02 Vrms
1.0 Vrms	100 kHz	0.98 Vrms	—	1.02 Vrms
0.25 Vrms	1 kHz	0.245 Vrms	—	0.255 Vrms
0.1 Vrms	1 kHz	0.098 Vrms	—	0.102 Vrms
내부바이어스		1.96 VDC	—	2.04 VDC

성능 시험

DIGITAL LCR METER

저항 정확도	저항값	Range	측정환경	측정값	Pass	Fail
	10.0	3	1 kHz, Series	_____	_____	_____
	25.0	3	1 kHz, Series	_____	_____	_____
	25.0	3	10 kHz, Series	_____	_____	_____
	25.0	3	100 kHz, Series	_____	_____	_____
	100.0	3	1 kHz, Series	_____	_____	_____
	100.0	2	1 kHz, Series	_____	_____	_____
	400.0	2	1 kHz, Series	_____	_____	_____
	400.0	2	10 kHz, Series	_____	_____	_____
	400.0	2	100 kHz, Series	_____	_____	_____
	1.6k	2	1 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	1.6k	1	1 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	6.4k	1	1 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	6.4k	1	10 kHz, parallel	_____	_____	_____
	6.4k	1	100 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	25k	1	1 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	25k	0	1 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	100k	0	1 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	100k	0	10 kHz, Parallel	_____	_____	_____
	400k	0	1 kHz, Parallel	_____	_____	_____

* Q값이 0.1을 넘을 경우에는 오차에 1+Q를 곱하여야 한다.

커패시턴스정확도	커패시턴스	주파수	Range	측정값	Pass	Fail
	1.0n	1kHz	0	_____	_____	_____
	1.0n	10kHz	1	_____	_____	_____
	1.0n	100kHz	2	_____	_____	_____
	10.0n	100Hz	0	_____	_____	_____
	10.0n	1kHz	1	_____	_____	_____
	10.0n	10kHz	2	_____	_____	_____
	10.0n	100kHz	2	_____	_____	_____
	100n	100Hz	1	_____	_____	_____
	100n	1kHz	2	_____	_____	_____
	100n	10kHz	2	_____	_____	_____
	100n	100kHz	3	_____	_____	_____
	1 μ	100Hz	2	_____	_____	_____
	1 μ	1kHz	2	_____	_____	_____
	1 μ	10kHz	3	_____	_____	_____
	10 μ	100Hz	2	_____	_____	_____
	10 μ	1kHz	3	_____	_____	_____

소 개

9216A의 교정은 여러부분으로 이루어진다. Open 및 Short 회로교정, 표준저항 교정, 전압교정이 그것이다. Open 및 Short 회로교정은 Fixture등의 각종 분포 임피던스를 보정해준다.

이것은 종종, 그리고 Fixture가 바뀔때마다 실시해야 한다. 표준저항 교정은 LCR Meter 내부의 표준 저항값을 결정함으로써, 9216A의 정확도를 결정하게 된다. 표준저항 교정은 부품이 갱년 변화등에 의해 변화하기 때문에, 주기적으로 실시해야 한다. 전압교정은 실험신호의 진폭을 설정한다.

이것 또한 주기적으로 실시해야 하는데, 이것은 9216A의 정확도에 영향을 주지 못한다.

CALIBRATION

9216A는 출하시 교정이 Disable 상태로 되어있다. 교정이 Disable 되어 있을 때는 Open 및 Short회로 교정만 실시할 수 있다. 전압 및 표준저항 교정을 실시하기 위해서는 내부의 점퍼를 Enable상태로 전환해야 한다. 점퍼를 Enable상태로 하기 위해서는 외부의 케이스를 열고, 주기판의 후면부의 중앙에 위치한 JP1001을 'CAL'로 표기된쪽으로 옮겨야 한다.

CALBYTE

9216A의 교정은 임피던스의 계산에 이용되는 교정상수(Calbytes)에 의해 제어된다. 이 Calbyte는 RAM에 저장되어 있다. 재교정은 새로운 Calbyte값을 결정하고 RAM에 저장한다. 표준저항의 Calbyte는 자동적으로 결정되고 전압 Calbyte는 수동으로 입력해야 한다. 9216A의 Calbyte 목록은 이어지는 아래항목에 기재되어 있다. Open 및 Short 회로와 저항교정 Calbyte의 값은 교정 서브루틴에 의해 자동적으로 결정된다. 이 값은 전면판의 키에 의해 곧바로 변경할 수 없다(컴퓨터 인터페이스에 의해 변화될 수 있다). 전압 Calbyte는 전면판에서 변경할 수 있다.

진폭 CALBYTE

전압(진폭) Calbyte는 0~94까지이다.

전압 Calbyte의 구성

전 압	100Hz	120Hz	1KHz	10KHz	100KHz
0.10V	0	1	2	3	4
0.15V	5	6	7	8	9
0.20V	10	11	12	13	14
0.25V	15	16	17	18	19
0.30V	20	21	22	23	24
0.35V	25	26	27	28	29
0.40V	30	31	32	33	34
0.45V	35	36	37	38	39
0.50V	40	41	42	43	44
0.55V	45	46	47	48	49
0.60V	50	51	52	53	54
0.65V	55	56	57	58	59
0.70V	60	61	62	63	64
0.75V	65	66	67	68	69
0.80V	70	71	72	73	74
0.85V	75	76	77	78	79
0.90V	80	81	82	83	84
0.95V	85	86	87	88	89
100V	90	91	92	93	94

부동소수점
CALBYTE

부동소수점 Calbyte는 0~120 이다.

번호	이름	용도
0	주파수 보정	기준값에 대한 편차(단위: ppm)
1~40	기준 저항값	임피던스 값
41~80	Open 회로 값	어드미턴스 값
81~120	Short 회로 값	임피던스 값

필요장비

장비	사양	추천 Model
Freq. Counter	$\pm 5 \times 10^{-8}$	KEITHLEY 775A
AC/DC Voltmeter	5 1/2 Digit AC 100kHz	FLUKE 45
표준저항	± 0.01 %이하 Q=25 ppm	R0 95.3K Ω
		R1 5.97K Ω
		R2 374.0 Ω
		R3 25.1 Ω

교정 환경

예열 : 30분이상
온도 : 23 $^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

전압 교정

이 교정은 서로 다른 출력주파수와 전압에서의 진폭을 교정한다.

Calbyte를 변경하기 위해선 [CAL]키를 "CL i"(i는 정수임)란 메시지가 나올 때까지 누른다. [↑] [↓]키로 i값을 변경시킬 수 있고, 새로운 Calbyte 값은 숫자키로 입력할 수 있다.

- 1) IH 와 PH, IL 과 PL 단자를 서로 Short시킨후 DVM을 연결한다. 어떤 단자도 접지에 연결되어서는 안된다. DVM을 AC Volt로 한다. 9216A를 초기화한다.
([RCL] [0] [ENTER]) 또한, 기기를 일정전압 모드로 설정한다.
- 2) Calbyte 0의 주파수와 전압으로 설정한다. (0.1V, 100Hz) 만약 DVM의 측정값이 2%을 벗어날 경우, 아래의 공식을 이용해서 새로운 값을 입력한다.

$$\text{NEW Calbyte} = \left(\frac{V_{\text{nominal}}}{V_{\text{measured}}} \right) \times (\text{현재의 Calbyte})$$

* 0.1자리에서 반올림하여 사용

- 3) 기준값과의 오차가 2%미만인지 확인한다.
- 4) 2), 3) 번을 120Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz에서도 반복한다.
- 5) 2), 4) 번을 각 전압에서도 반복한다.

주파수 교정

이 과정에서는 9216A의 클럭을 측정한다. 정확한 클럭주파수는 커패시턴스와 인덕턴스값을 계산할 경우에 사용된다. 클럭 보정인자는 ppm단위로 저장된다.

- 1) 기기를 초기화한다. ([RCL] [0] [ENTER]) 또한 일정 전압모드로 하고, 1KHz를 설정한다. 측정단자에는 아무것도 연결하지 않는다.
- 2) IH 단자에 BNC Cable을 이용해서 주파수 카운터를 연결한다.
- 3) 새로운 Calbyte는 다음의 공식에 의해서 결정한다.

$$\text{Calbyte} = (\text{주파수} - 1000,000) \times 1000$$

- 4) Calbyte를 변경하기 위해서는, [CAL]키를 눌러 'Std CAL' 메시지가 나오게 한다. [ENTER]를 눌러 표준교정 메뉴에 들어가서 [CAL]키를 눌러 "df"란 메시지가 왼쪽표시기에 표시되게 한다. 오른쪽 표시기에는 현재의 값이 입력되어 있을 것이다. 숫자키를 이용해서 새로운 값을 ppm단위로 입력한후 'quit cal'이란 메시지가 나올때까지 [CAL]키를 누른후 [ENTER]를 누른다.

표준저항 교정

이 과정에서는 서로 다른 주파수와 Range에서 내부의 표준값을 결정한다. 9216A는 값을 알고 있는 저항을 정밀하게 측정하고, 부품의 임피던스를 계산 할 때 사용한다.

이 값들은 이 기기의 중요한 정확도 표준이된다. 그러므로 교정용 저항은 항온시설이 되어 있는 곳에서 교정을 실시하고 최소 30분 이상은 예열을 해야한다.

표준교정 메뉴는 다음과 같이 접근할 수 있다.

[CAL]키를 눌러 'STD CAL'이 나오게 한다. [ENTER]를 눌러 메뉴에 들어간다.

[CAL]키를 다시 눌러 'Range'란 메시지가 왼편 표시기에 나오도록 한다.

0~3의 숫자로 원하는 Range와 Enter를 입력하면 오른편 표시기에 표시된다. Range를 입력한 후에 [CAL]키를 누르면 몇개의 메뉴가 반복될 것이다. 두개의 파라메타 값이 반드시 설정되어야 하는데 'r STD' (표준저항의 값)과 'Q STD' (표준저항의 Q값)이 그것이다. 음의 Q값은 용량성 저항을 나타내고, 양의Q값은 유도성 저항임을 나타낸다.

또 다른 메뉴는 'Start CAL', 'fctry CAL'(factory CAL)과 'quit CAL'이 있다. 이 메뉴들은 현재 Range에서의 교정시작, 초기값으로 설정, 또는 교정메뉴를 빠져나올 수 있는 메뉴이다

- 1) Fixture나 케이블의 접촉면이 더러워지지 않았나 확인한다. 만약 더러워 졌다면 세척을 하고, Fixture에 부품을 연결하지 않는다.
- 2) Open 및 Short 회로교정을 실시한다.
- 3) R0(95.3KΩ)을 Fixture에 연결한다. CAL 메뉴에서 Range를 '0'으로 입력한다. [CAL]을 눌러 'r STD'(Resistance Standard)가 표시되게 한후 R0의 값을 입력한다. 다시 [CAL]키를 눌러 'Q Std'가 나오게 한후, R0의 Q값을 ppm단위로 입력한다. [CAL]키로 'Start CAL'이 나오게 한후 [ENTER]를 누르면 교정을 시작한다.

교정중에는 어떤 물건도 Fixture에 가까이하지 않는다.

- 4) 위의 3)번을 1, 2, 3 번 Range에서도 실시한다. 교정이 끝나면 [CAL]을 눌러 Quit CAL'이 나오게 한후 [ENTER]을 눌러 교정메뉴를 나올 수 있다.
- 5) 교정후, Open 및 Short 회로교정을 실시한다. 표준저항들을 Fixture에 연결하고, 1kHz, 직렬 등가회로 모드에서 측정한다. R 과 Q의 측정값이, 마지막 Digit까지 일치되는지 확인한다.
- 6) 표준저항을 주파수를 변화하면서 측정한다. 적은 두개의 저항(R2, R3)은 직렬모드로 측정하고 큰 두개의 저항(R0, R1)은 병렬모드에서 측정한다. R은 변화가 없어야하고 Q값은 주파수에 따라 변화된다. (예를들면, 10kHz에서 Q값은 1kHz의 Q값에 10을 곱한값과 같아야 한다) 만약, 표준값과의 차이가 심할 경우에는 다시 교정을 실시한다.
- 7) 측정을 할때는 먼저, 사용할 Fixture에 대한 Open / Short 교정을 한다.

POWER ON

후면판의 전원입력 모듈의 전압을 라인의 전압에 맞게 설정하고, 뒷면에 표기된 용량의 Fuse를 설치해야 한다. 전원을 연결하고, 전원스위치를 ON하면, 모델 No가 표시되고, 자체시험이 실시된다.

초기화

기기에 아무런 메시지가 나타나지 않으면, 아래의 절차를 따른다.
전원을 OFF하고, Backspace(←)키를 누른 상태에서 전원을 ON한다. 이 과정은 RAM을 초기화하고, 초기의 교정값(생산시 교정값)을 불러낸다.

내부 FUSE

만약 전원에 문제가 없지만 측정값이 불안하거나 많이 흔들릴 경우에는, 내부의 Fuse가 끊어졌을 가능성이 있다. 이것은 또한 'Out Err3'의 오류를 유발한다. Fuse를 교환하기 위해서는 바깥 케이스를 제거해야 한다. 먼저 전원을 OFF하고, 전원코드를 제거한다.

뒷면의 8개 나사를 풀고, 케이스를 뒷방향으로 당기면 바깥 케이스가 제거된다. 이때, 주기판의 전면판쪽에 검은 홀더에 꽂혀있는 Fuse가 있는데, 이 Fuse를 확인한다. 눈으로는 Fuse의 상태가 확인되지 않을 수 있으므로 Tester등으로 확인을 한다. 만약 손상이되었다면 1/4 A의 같은 모양의 Fuse로 교체한다. 교체후, 케이스를 덮고, 나사를 체결한다.

외부바이어스 FUSE

기기가 외부 바이어스모드에서 동작중일때 측정값이 불안하거나, 심하게 흔들릴 경우에는 외부 바이어스 Fuse가 끊어졌을 수 있다. Fuse를 교체할때는 전원을 OFF하고, 드라이버로 후면판의 Fuse 홀더를 빼내어 확인한다.

눈으로는 Fuse의 상태가 확인되지 않을 수도 있으므로, Tester등으로 확인한다.

Fuse가 손상 되었을때는, 1/4A의 같은 모양의 Fuse로 교체한다. Fuse홀더를 원위치로 한후 동작상태를 점검한다.

오류 메시지

아래의 목록은 9216A에서 발생할 수 있는 모든 오류 메시지를 나타내었다. 이 메시지는 동작오류(기기의 사용상에 대한 오류)와 자체진단 오류, 교정오류로 나뉘어진다. 목록은 알파벳 순으로 나열되어 있다.

동작 오류

이 오류 메시지는 보통의 전면판을 사용할때 나타날 수 있으며, 잘못된 기기의 작동에 대한 경고 메시지이다.

메시지	오류
Bias for C	9216A의 DC 바이어스 기능은 커패시턴스의 측정에만 가능하다. 파라메타모드를 C+D 또는 C+R로 변경해야 한다.
Conv Error	변환 시간이 너무 짧거나 길다. 지속적으로 이 메시지가 나타날 경우에는 하드웨어에 문제가 발생했을 것이다.(A/D 변환 오류)
Float Error	부동소수점 계산 루틴에서 오류발생.

Over Range	현재 Range의 측정 범위를 벗어났다. Range Hold 모드이면 더 높은쪽 Range로 변경하십시오.
F-R Error	주파수-Range 설정이 잘못되었다. 100kΩ Range에서는 100kHz의 주파수를 사용할 수 없다.
Over Load	9216A의 입력이 과부하 상태이다. 이것은 순간적으로 부품이 변경되었거나, 일정 전압모드에서 측정될 때, 부품의 임피던스가 너무 작을 때 발생된다.
Range Error	명령어의 변수가 허용될 수 없는 Range일때 발생한다.
RCL Error	비휘발성 메모리에 문제가 발생했다. 사용자 교정 데이터 및 설정이 손실되었을 수 있다. 만약 이 오류메시지가 계속 나타난다면, RAM을 검사해야한다.
Syn Error	명령어의 구조가 잘못되었다. 이 설명서의 프로그래밍 부분을 참조하여 올바른 구조로 수정한다.

SELF - TEST 오류

이것은 9216A의 자체 진단중에 발생할 수 있는 오류이나, 보통이 메시지들은 하드웨어에 문제가 발생하였음을 뜻한다. 만약 이 오류가 계속적으로 발생하면 기기에 전기적인 문제가 발생하였다. 아래의 목록중 상태는 *TST? 명령으로 수신할 수 있다.

메시지	상태	의미
AD Error	6	A/D 변환회로가 시험에 실패하였다.
Bias Error	7	9216A의 내부 바이어스 전압원이 시험중 오류를 일으켰다.
Cal Error	4	RAM의 교정 데이터에 문제가 발생하였다. ROM에 저장된 데이터가 자동적으로 이용된다. 이 메시지가 주기적으로 표시되지 않는다면 문제가 되지 않는다. 그렇지 않다면 RAM에 문제가 발생했을 수 있다.
Code Err XX	2	9216A의 ROM이 Checksum 오류를 일으켰다. XX는 Checksum 값이 된다.
CPU Error	1	9216A의 CPU에 문제가 검출되었다.
Data Error	3	CPU RAM의 읽기/쓰기 시험중 오류를 일으켰다.
Det Error	6	구형파 체배회로가 DC 제거시험중 오류를 일으켰다.
Drv Error i	7	출력회로에 문제가 발생됐다. i값은 문제가 발생된 부분을 가리킨다.
	i	오류
	0	100Hz 진폭 오류
	1	120Hz 진폭 오류
	2	1kHz 진폭 오류
	3	10kHz 진폭 오류

	4	100kHz 진폭 오류
	5	0.25V 진폭감쇠 오류
	6	0.1V 진폭감쇠 오류
Freq Error i	5	클럭 발생회로에 문제가 발생되었다. i의 값은 문제가 발생된 부분을 가리킨다.
	i	오류
	0	100Hz 오류
	1	120Hz 오류
	2	1KHz 오류
	3	10KHz 오류
	4	100KHz 오류
Gain Error i	8	측정용 증폭회로 오류. i의 값은 오류가 발생한 위치를 가리킨다.
	i	오류
	0	×2 이득오류
	1	×4 이득오류
	2	×8 이득오류
	3	×20 이득오류
Out Error i	9	출력 임피던스 선택회로 오류. 만약 자체 시험도중 Fixture 에 부품이 연결되어 있었다면 이 오류가 발생된다. i의 값은 오류가 발생한 위치를 나타낸다.
	i	오류
	0	100k Range 오류
	1	6.4k Range 오류
	2	400 Range 오류
	3	25 Range 오류

교정오류

이 오류 메시지는 Open, Short 및 표준교정시에 발생될 수 있다. 만약 교정중 오류가 발생되면, 다시 한번 시도해본다. 지속적으로 오류메시지가 나타나면 하드웨어에 문제가 발생하였음을 뜻한다.

메시지	상태	의미
Cal Error1	1	과부하 상태에서 측정이 이루어졌거나, A/D오류 또는 연산오류이다. 이 오류 메시지는 Open, Short 표준저항 교정시에 나타날 수 있다.
Cal Error 2	2	Short 회로 교정시에 측정값이 너무 높게 측정되었다. 9216A은 50Ω 이하의 임피던스와 10Ω 이하의 저항만을 수용할 수 있다. Short회로 교정중에 낮은 임피던스로 연결이되어 있는지 확인한다.
Cal Error 3	3	Open 회로 교정중에 임피던스가 측정되었다. 9216A는 모든 주파수와 Range에서 10kΩ이상의 임피던스도 수용한다. Open 회로의 교정중 FIXTURE에 부품이 꽂혀 있지 않은지 확인한다. 또한, 교정중에 어떤 물건도 Fixture에 가까이하지 않는다.
Cal Error 4	4	표준저항 교정오류. 9216A는 내부 표준저항과 외부의 표준저항이 ±3%이상 차이가 날 경우 오류를 발생한다. 현재 교정중인 표준저항이 알맞게 연결되어 있는지 확인한다.

GPIB 문제

먼저, GPIB 인터페이스가 설치되어 있는지 확인한다. 두번째로, 9216A의 주소가 제어 컴퓨터에서 요구하는 주소와 일치하는지 확인한다. 후면판의 SW2로 0에서 30까지의 주소를 설정할 수 있다.

9216A가 GPIB에 의해 Remote Enable(REN)상태에 있을때는, 전면판의 키 입력은 무시된다.

RS-232 문제

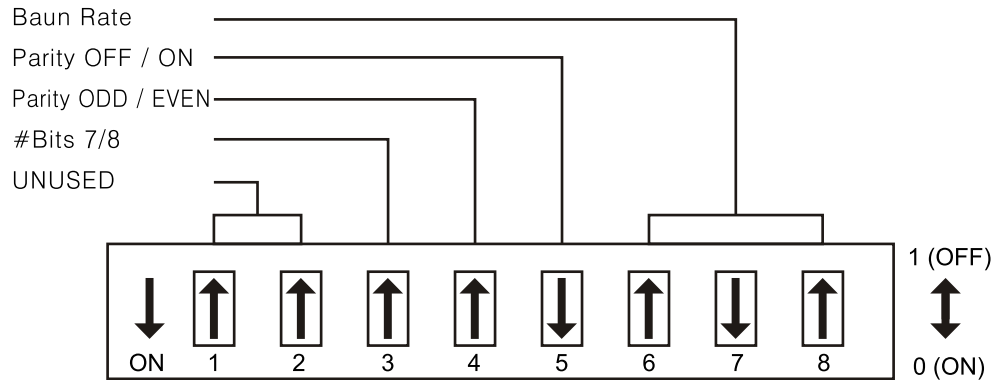
RS232의 통신속도, 패리티, 단어의 길이(7, 8 bit)가 제어 컴퓨터와 일치하게 설정되어 있는지 확인한다. 컴퓨터와 연결할때, 반드시 표준 PC용의 직렬케이블을 사용해야 한다.

Null-Modem 케이블을 사용해서는 안된다. 9216A는 DCE(Data Communications Equipment) 기기이므로, DTE(Data Terminal Equipment)기기와 1대 1로 연결되어야 한다. 최소의 케이블은 핀 2,3,5만을 사용한다.

H/W 핸드셰이킹이 필요한 경우는 Pin8과 4(CTS와 DTR)가 사용되어야 한다.

9216A RS232C SWITCH(SW1) SETTING & EXAMPLE PROGRAM

1) A Figure of SW1 Shown in The Rear Panel with a Setting for 8bit, Parity off, 9600 baun



2) SW1 Setting Method

Setting Items		Contact NO. In SW1							
		1	2	3	4	5	6	7	8
# BITS	8 BIT			1 (OFF)					
	7 BIT			0 (ON)					
PARITY	EVEN				1 (OFF)				
	ODD				0 (ON)				
	ON					1 (OFF)			
	OFF					0 (ON)			
BAUD RATA	300Hz						0	0	0
	600Hz						1	0	0
	1200Hz						0	1	0
	2400Hz						1	1	0
	4800Hz						0	0	1
	9600Hz						1	0	1
19200Hz						0	1	1	
Others		UNUSED							

- * Switch Contact KNOB Position & Logic Status ARE:
 UP Position(OFF) ----- 1
 Down Position ----- 0
- * Contact NO. 1 & 2 are Unused and so Any Setting is OK.

3) Qbasic Example Program

```

10 'SAMPLE PROGRAM TO TRIGGER AND READ DATA FORM 9216
20 '
30 'OPEN COM1 PORT FOR 9600 BAUD, NO PARITY,8BIT,2STOP BIT, NO HANDSHAKING
40 OPEN COM1 : 9600, N, 8, 2, CS, CD,"FOR RANDOM AS #1
50 PRINT #1, " "CLEAR OUT COM PORT
60 '
70 PRINT #1, "*RST" 'RESET TO THE DEFAULT MEASUREMENT CONFIGURATIONS
80 PRINT #1, "MMOD1" 'MEASUREMENT MODE 0:CONTINUOUS, 1:TRIGGER
90 PRINT #1, " PMOD1" 'PARAMETER MODE 0:AUTO, 1:R/Q, 3:C/D, 4:C/R
100 PRINT #1, " OUTF1" 'DATA OUT FORMAT 0:VERBOSE ASCII, 1:CONCISE ASCII
110 '
120 PRINT "<TEST>"
130 PRINT #1, "STRT;*WAI" 'TAKE A READ, WAIT TILL FINISH BEFORE PROCEED
140 PRINT #1, "XMAJ?" 'R
150 INPUT #1, VAL1$
160 PRINT #1, "XMIN?" 'Q
170 INPUT #1, "VAL2$
180 PRINT "R";VAL1$; " "; "Q=";VAL2$
190 END
    
```

보 증 서

모 델 명	9216A	
제 조 번 호		
보 증 기 간	12 개월	
판 매 일		
고 객	주 소	
	성 명	
판 매 점	주 소	
	상 호	
	전화번호	

만일 정상적인 사용 상태에서 고장이 난 경우에는 본 보증서 기재 내용에 따라 무상 수리하여 드립니다.

본 제품에 대해서 고장 수리 기타 문의는 구입하신 판매점 혹은 당사 서비스실에 연락하여 주십시오.

보 증 규 정

1. 폐사는 보증기간내 (납입 월에서 1개월 이내, 단 전자관 램프등은 6개월이내) 만일 제조상의 문제에 기인하는 고장이 발생한 경우는 폐사의 서비스 담당 부분에서 무상으로 수리하여 드립니다.
2. 다음과 같은 경우에는 보증 기간내라도 유상 수리가 됩니다.
 - (가) 취급이 부적당하여 생긴 고장
 - (나) 기타 수리 또는 개조에 의해 발생한 고장
 - (다) 고장원인이 계측기 이외의 다른부분, 예를들면 주위의 강력한 자계등에 의한 경우로 개선에 많은 시간을 요하는 경우
 - (라) 화재, 염분, 가스, 이상전압, 지진, 천둥, 풍수해, 기타 천재지변등에 의한 고장
 - (마) 원격지로의 출장서비스를 행한 경우 여행경비
 - (바) 이 보증서의 제시가 없는 경우
3. 본 보증서는 국내에서만 유효합니다.

This warranty is valid only in KOREA