

비행체 구조시험 장비의 교정 확인 방법 개발

채동철*, 김성찬**, 황귀철***, 심재열****

The Development of Calibration Verification Method for Airframe Structural Test Controller

Dong-Chul Chae*, Sung-Chan Kim**, Gui-Chul Hwang***, Jae-Yeul Shim****

Abstract

In airframe structural tests, a control system which has many control channels and a data acquisition system which has many data acquisition channels are used. The more it is used many channels in airframe structural test, the more hardware resources are added in test system. Before test load is applied in test article, test engineer must check test system and components. Therefore, many problems which be likely to happen to system can be minimized. The checking method of test system and components is calibration verification. In this paper, it is described that calibration verification concept and method in relation to airframe structural test controller components. (MTS Aero90 Multifunction Input Output Processor and 497.22 Dual DC Conditioner)

초 록

전기체 구조시험 및 일반적인 구조시험과 관련된 시험장비는 유압 작동기를 제어하는 제어장치와 스트레인게이지 및 관련센서의 데이터를 수집할 수 있는 데이터 획득 장치로 구분될 수 있다. 비행체 구조 시험은 많은 수의 제어채널 및 데이터 획득 채널이 요구되며 채널 수의 증가에 따른 하드웨어의 자원도 많이 소요된다. 특히 많은 수의 제어채널을 가진 구조시험을 수행하여 오면서 하드웨어의 문제점들이 조금씩 나타나는 현상을 발견 할 수 있었는데 대부분의 경우 시험 장비의 교정 확인 방법을 통해서 해결할 수 있었다. 본 논문에서는 비행체 구조시험 장비 (MTS Aero90)의 서보 제어 장치중의 일부인 다기능 입출력 프로세서 (Multifunction Input Output Processor)와 로드셀 신호처리 보드 (497.22 Dual DC Conditioner)에 대한 교정 확인 방법에 대하여 기술하였다.

키워드 : 구조시험 (structural test), 다기능 입출력 프로세서 (Multifunction Input Output Processor), 로드셀 신호처리 보드 (497.22 Dual DC Conditioner), 교정 (Calibration)

* 항공구조그룹/chul@kari.re.kr
*** 항공구조그룹/gch@kari.re.kr

** 항공구조그룹/sckim@kari.re.kr
**** 항공구조그룹/jyshim@kari.re.kr

1. 서 론

전기체 구조시험 및 일반적인 구조시험과 관련된 시험장비는 유압 작동기를 제어하는 제어장치와 스트레인게이지 및 관련센서의 데이터를 수집할 수 있는 데이터 획득 장치로 구분될 수 있다. T50 고등훈련기 전기체 정적시험, 4인승 선미익 경항공기 수출형 모델 주익 구조 시험, 3단형 과학로켓 구조시험, 소형 위성 발사체 구조시험 등의 비행체 구조 시험은 많은 수의 제어채널 및 데이터 획득 채널이 요구되며 채널 수의 증가에 따른 하드웨어의 자원도 많이 소요된다. 특히 많은 수의 제어채널을 가진 구조시험을 수행하여 오면서 하드웨어의 문제점들이 조금씩 나타나는 현상을 발견 할 수 있었는데 대부분의 경우 시험장비의 교정 확인 절차를 통해서 해결할 수 있는 것이었다. 1991년부터 KARI가 보유하고 있는 전기체 구조시험 장비의 경우에는 로드셀 신호처리 보드인 497.22 Dual DC Conditioner에서 선형성의 기능이 떨어져 구조시험 운영시 많은 어려움이 있었는데, 로드셀에 대한 교정은 올바르게 수행하였지만 신호처리보드 선형성의 미세한 오차로 인하여 로드셀 A Bridge에 대한 하중 데이터 값과 동일 로드셀 B Bridge에 대한 하중 데이터 값 상호간의 오차 때문에 처음에는 로드셀에 대한 센서의 교정 수행 불량으로 판단하였으나 하드웨어에 대한 선형성 기능 불량으로 판명되어 관련 구조시험 수행시 많은 어려움에 직면하게 되었다. 그래서 시험 장비에 대한 교정 상태를 미리 확인하는 방법 및 절차를 수립하는 것은 향후 관련 구조 시험 수행시 시험 운영적 측면에서 반드시 확인해야 하는 단계로 발전시켜야 한다.

일반적으로 시험 장비에 대한 교정 수행은 물품 구매시 장비 제조회사에서 이루어지며, 주기적인 유지 관리 및 시험 목적으로 시험장비에 대한 교정 요청시 장비 제조회사에 보내어 이루어지거나 국내 전문 서비스 엔지니어에 의해서 수행될 수도 있다. 하지만 시험장비의 크기 및 설치상태에 따라서 제조회사로 하드웨어를 전달하

여 교정 상태를 확인하는 방법은 시험 현장에 따라서 매우 불합리하게 생각될 수도 있다. 그 이유는 첫째, 대부분의 시험 현장에서는 현재 외국에서 도입된 시험 장비들을 많이 사용하기 때문에 주기적으로 외국으로 장비를 이동함에 있어 불편함이 많이 따르며, 시험 일정과 연계된 일정 관리를 차질 없이 수행해야 한다는 부담이 따르게 된다. 물론 국내 대리점이 상주하며 관련 장비의 전문 엔지니어가 있다면 큰 문제가 없을 것이다. 둘째, 외국에서 도입된 시험 장비는 대부분 고가이며 교정 상태를 확인하는 비용도 장기적인 정책으로 고려할 때 상당히 높게 책정해야 하는 상황일 수도 있다. 이러한 이유로 시험 현장에서 시험 장비에 대한 교정 상태를 확인하는 방법 및 절차들이 지속적으로 요구되는 이유 중의 하나이다.

본 논문에서는 KARI가 보유하고 있는 전기체 구조시험 장비 (MTS Aero90) 에서 서보 제어 장치중의 일부인 다기능 입출력 프로세서 (Multifunction Input Output Processor)와 로드셀 신호처리 보드 (497.22 Dual DC Conditioner) 에 대한 교정 확인 방법에 대하여 기술하였다. 아울러 본 시험 장비 이외의 다른 구조 시험 장비에서도 사용자가 접근할 수 있어 점검이 가능하도록 설계 되었다면 본 논문에서 기술된 교정 확인 방법에 대한 것은 동일 개념으로 적용되어 시험 장비를 확인할 수 있는 일차적인 방법으로 편리한 기능을 제공할 것이다.

2. 본 론

일반적인 의미에서의 교정은 교정 대상 장비에 알고 있는 값을 입력 시켰을 경우 출력되는 응답이 예상값과 상호 다를 경우에도 출력되는 응답이 예상값으로 나타나도록 조정하거나 확인하는 것이 교정이라고 인식되고 있다. KARI가 보유한 전기체 구조시험 장비에서 서보 제어 장치중의 일부인 다기능 입출력 프로세서와 로드셀 신호처리 보드의 교정 확인과 관련된 내용은 현재의 보드 상태를 확인하는 과정이라고 말할 수

있다. 장비 제조 회사에서 교정 및 점검이 끝난 하드웨어를 신규로 구입하여 시험자가 몇 년에 걸쳐 시험을 진행하면서 시간이 지나고 사용하는 방법과 횟수 등에 따라서 관련 하드웨어의 부품 정밀도 및 기능 등이 변하게 된다. 즉 사용되는 보드가 외부적으로는 이상이 없는 것처럼 보일지라도 하드웨어 자체의 교정된 상태를 주기적으로 또는 시험 이전에 반드시 확인하는 단계를 통해서 사전에 문제가 있는 관련 하드웨어를 제외시키고 보다 정확한 시험이 진행될 수 있도록 하는 것이 보다 적극적인 방법이라고 말할 수 있다.

2.1 다기능입출력프로세서 교정 확인 방법

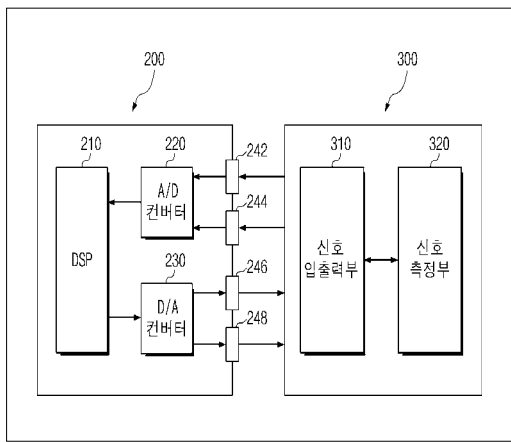


그림 1. MIOP 교정 확인 개념도

다기능 입출력 프로세서의 점검은 제조회사에서 기본적으로 수행되며 시험 현장에서는 주기적 또는 시험 전에 점검하는 것이 바람직하다. 다기능 입출력 프로세서 A/D 특성시험을 확인하기 위해서는 그림 1의 242/244에 정해진 전압 신호를 입력시켜 다기능 입출력 프로세서의 응답과 (Aero90 소프트웨어에서 확인) 디지털 멀티미터로 입력된 전압 신호를 상호 비교하여 확인한다. 다기능 입출력 프로세서 D/A 특성시험을 확인하기 위해서는 출력전압에 해당하는 명령어를 (Aero90 소프트웨어에서 발생) 취하고 디지털 멀

티미터로 그림 1의 246/248에서의 출력전압을 상호 비교하여 확인한다. 다기능 입출력 프로세서 교정 확인을 수행하기 위한 하드웨어적, 소프트웨어적 환경 설정은 다음과 같다.

2.1.1 하드웨어적 환경설정

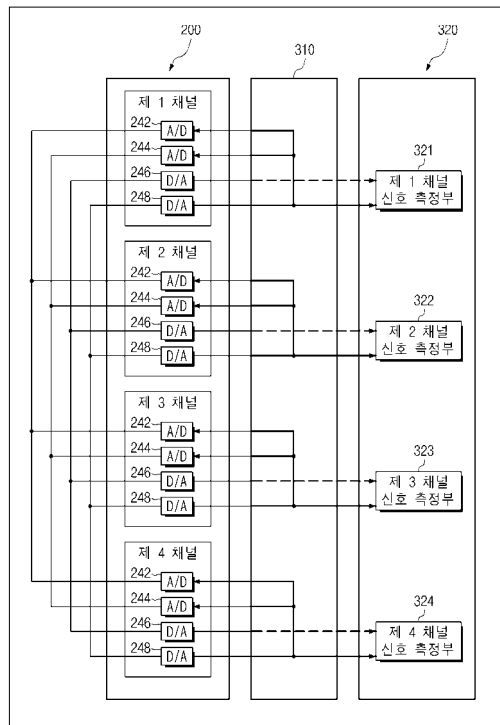


그림 2. MIOP 교정 확인 배선도

다기능 입출력 프로세서 아날로그 출력전압은 그림 2의 310을 통하여 아날로그 입력전압의 신호로 사용될 수 있는 특징이 있다. 그림 2는 아날로그 출력전압과 아날로그 입력전압을 동시에 디지털 멀티미터로 측정하는 개념이다. 즉 아날로그 출력특성을 점검하기 위해서는 전압을 출력시키기 위한 전압 명령값이 기준이 되어 디지털 멀티미터에서 측정된 값을 상호 비교하며, 아날로그 입력 특성을 점검하기 위해서는 측정된 전압이 기준이 되어 사용자 인터페이스 부분인 소프트웨어에서 확인된 전압 값과 상호 비교한다.

다기능 입출력 프로세서의 교정 확인을 하기 위한 하드웨어적 요건사항은 다기능 입출력 프로세서를 가진 구성 하드웨어와 소프트웨어(MTS Aero90), 다기능 입출력 프로세서 교정 도움 장치(그림2의 310/320을 구현할 수 있는 장치), 동시에 4채널을 확인할 수 있는 디지털 멀티미터가 필요하다.

2.1.2. 소프트웨어적 환경설정

다기능 입출력 프로세서의 교정 확인을 위한 소프트웨어 설정은 기본적으로 사용자가 MTS Aero90 소프트웨어를 능숙히 사용한다는 가정으로 다음과 같은 순서를 따른다.

- ① Configuration Module에서 4개의 제어채널 설정.
- ② Calibration Module에서 Full-Scale 10VDC로 설정.
- ③ Load Condition Module에서 -10V - +10V 사이에서 2V씩 증가하는 테이블을 설정한다.
- ④ Profile Module에서는 Load Condition Module에서 설정한 11개의 단계를 진행할 수 있도록 설정한다.
- ⑤ Static Test Manager Module에서는 J3 아날로그 출력단자에서 Profile을 진행하면서 명령 신호 값을 출력할 수 있도록 Test Point 설정을 4개의 채널에 대하여 모두 설정한다.
- ⑥ Tuning Window에서 비례제어 인자만 (P Gain) 1.000 으로 설정한다.
- ⑦ Static Test Manager Main Window에서 모든 관련 인자를 Disable로 전환한다.
- ⑧ Tabular Run Time Display에서 4개의 모든 채널에 대하여 Command / Feedback / Monitor 값을 확인할 수 있도록 설정한다.
- ⑨ 유압 공급이 되지 않도록 시스템을 확인한 후 실제의 Testing Mode에서 Station Control Panel을 통하여 Forward Button을 적용하게 되면 시험 진행이 실제로 구현되는 것처럼 되어 다기능 입출력 프로세서에서 확인된 전압과 (Aero90 소프트웨어) 디지털 멀티미터를

통하여 측정된 전압을 동시에 모니터링 할 수 있다. 마지막 End of Segment에서는 다기능 입출력 프로세서의 아날로그 출력단자와 (그림2의 248) 아날로그 입력단자에 (그림2의 242/244) 대한 교정 상태 확인을 완료할 수 있다.

- ⑩ Station Control Panel에서 Stop Button을 누른 후 Profile에서와 같은 동일한 시험 형상 진행을 다시 한번 수행하게 되면 그림 2의 246 아날로그 출력단자에 대한 교정상태를 완료하게 되어 다기능 입출력 프로세서에 대한 교정 확인을 완료한 것이다. 이러한 교정 확인 과정 중에 측정된 데이터는 별도의 데이터 쉬트에 작성하여 다기능 입출력 프로세서에 대한 교정 확인 쉬트를 발행하게 되며, 이러한 점검결과에 대한 예제문서는 그림 3, 그림 4와 같다.

MIOP II D/A Converter Calibration Verification					
Calibration Date	2003-05-27				
Unit Under Test					
Manufacturer	MTS				
Model Number	498.55				
Serial Number	0262096B				
D/A Channel (Servo Cmd)	5				
Low Full Scale (V)	-10.000				
High Full Scale (V)	10.000				
Max D/A Error (% FS)	0.1				
Calibration Standard(s)					
Type	Manufacturer	Model	Serial	Cal. Due	
Standard DVM	Agilent	34401A	MY41011098	2029-01-05	
Aero-90 Software	MTS	Version 4.5	n/a	n/a	
Sample Number	Setpoint Value (V)	Servo Cmd Reading (V)	Std DVM Reading (V)	D/A Error (% FS)	
MIOP Channel: 5					
1	-10.000	-9.999	-9.9970	-0.020	pass
2	-8.000	-8.000	-7.9970	-0.030	pass
3	-6.000	-6.999	-6.9970	-0.020	pass
4	-4.000	-4.000	-3.9990	-0.010	pass
5	-2.000	-2.000	-1.9990	-0.010	pass
6	0.000	-0.001	0.0000	-0.010	pass
7	2.000	2.000	2.0010	0.010	pass
8	4.000	3.999	4.0000	-0.010	pass
9	6.000	5.999	5.9990	0.000	pass
10	8.000	7.999	7.9990	0.000	pass
11	10.000	9.999	10.0000	-0.010	pass
Performed By:	Chae, Dong-Chul			Date:	2002-9-13

그림 3. MIOP D/A 점검 데이터 쉬트

MIOF A/D and DA Converter Calibration Verification									
Calibration Date		2023-05-27							
Unit Under Test									
Manufacturer		MTS							
Model Number		406.05							
Serial Number		03CX080							
DA Channel (Same Cmd)		1							
AD Channel (Feedback)		5							
AD Channel (Forward)		5							
Low Full Scale (V)		10.000							
High Full Scale (V)		10.000							
Max AD Error (% FS)		0.1							
Max DA Error (% FS)		0.1							
Calibration Standards									
Type	Manufacturer	Model	Serial	Cal. Due					
Standard DVM	Agilent	34421A	M14101108	2023-01-05					
Auto-RC Software	MTS	Version 4.5	n/a	n/a					
Sample Number	Setpoint Value (V)	Command Reading (V)	Feedback Reading (V)	Monitor Reading (V)	Std DVM Reading (V)	DA Error (% FS)	AD Error (% FS)	AD Error (% FS)	AD Error (% FS)
MIOF Channel									
1	10.000	9.999	-10.002	-10.003	-9.9990	-0.100	pass	-0.040	pass
2	0.000	0.000	-0.001	-0.002	-0.0000	-0.020	pass	-0.000	pass
3	4.000	4.000	-4.001	-4.000	-4.0000	-0.010	pass	-0.000	pass
4	4.000	4.000	4.002	4.002	4.0000	0.010	pass	0.000	pass
5	-2.000	-2.000	-1.999	-2.000	-1.9990	-0.010	pass	-0.000	pass
6	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0000	-0.010	pass	0.000	pass
7	2.000	2.000	2.000	1.999	2.0000	0.000	pass	0.000	pass
8	4.000	3.999	4.002	4.001	4.0000	-0.010	pass	0.000	pass
9	8.000	8.000	8.001	8.000	8.0000	-0.010	pass	0.000	pass
10	8.000	7.999	8.002	8.001	7.9990	-0.010	pass	0.000	pass
11	10.000	9.999	10.003	10.002	9.9990	-0.010	pass	0.000	pass
Performed By: Chan, Dong-Chul Date: 2023-05-18									

그림 4. MIOF A/D 점검 데이터 시트

2.2 로드셀 신호처리 보드 교정 확인 방법

로드셀 신호처리 보드의 점검은 제조회사에서 기본적으로 수행되며 시험 현장에서는 주기적 또는 시험 전에 점검하는 것이 바람직하다. 로드셀 신호처리 보드의 교정 확인을 위해서는 그림 5와 같은 가상의 로드셀 신호를 구현할 수 있는 장치가 필요하다.



그림 5. CX0404 Load Cell Simulator

본 장치는 미국 Interface 사의 Model CX0404 Load Cell Simulator로서 KARI의 로드셀 신호처리 보드와 로드셀 케이블을 직접 연결할 수 있도록 커넥터를 일치시켰다. 또한 로드셀

케이블 끝부분에서 로드셀 신호처리 보드에서 설정한 인가전압을 직접 디지털 멀티미터로 확인할 수 있도록 하는 단자와 발생 신호를 직접 멀티미터로 측정할 수 있는 단자를 부착시키도록 주문 제작하였다. 로드셀 신호처리 보드 교정 확인을 수행하기 위한 하드웨어적, 소프트웨어적 환경 설정은 다음과 같다.

2.2.1 하드웨어적 환경설정

로드셀 신호처리 보드의 기본적인 점검 항목은 Gain, Excitation, Linearity이며 이들 항목을 점검하기 위한 기본적인 개념은 로드셀 신호처리 보드에 정해진 신호를 입력시켜 신호처리 보드의 응답을 확인하는 것이다.

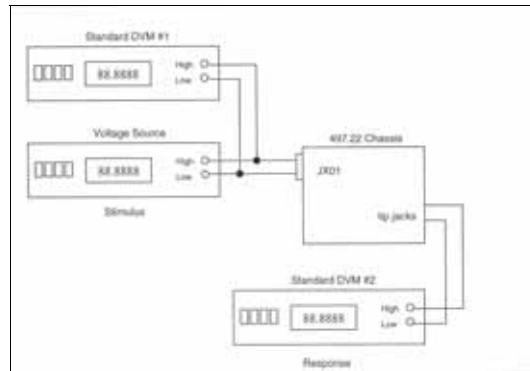


그림 6. 로드셀 신호처리 보드 교정확인 개념도

그림 6의 Voltage Source는 그림 5 로드셀 시뮬레이터 CX0404 장비를 표현한 개념이며, 디지털 멀티미터 #1은 CX0404에 공급되는 신호처리 보드의 인가전압을 측정하기 위한 것이며, 디지털 멀티미터 #2는 신호처리 보드에 CX0404의 출력신호가 입력된 후 관련인자 (Excitation, Gain) 들이 최종적으로 적용되었을 때 신호처리 보드에서 출력되는 전압을 (로드셀 신호처리 보드의 Tip Jack) 측정하기 위한 것이다. 즉 로드셀 신호처리 보드 교정 확인을 하기 위한 하드웨어적 요건사항은 로드셀 신호처리 보드를 가진 구성 하드웨어와 소프트웨어(MTS Aero90), 로드셀 구현

장치 (Load Cell Simulator : CX0404), 디지털 멀티미터 2개가 필요하다.

과 같다.

2.2.2. 소프트웨어적 환경설정

로드셀 신호처리 보드의 게인 및 인가전압 항목을 점검하기 위해서는 게인과 인가전압을 소프트웨어에서 다양하게 변동시킨 후 디지털 멀티미터에서 측정되는 인가전압과 로드셀 신호처리 보드에서 출력되는 전압을 측정하여 오차를 계산하며, 선형성을 점검하기 위해서는 게인과 인가전압 항목을 고정시킨 후 CX0404 장비에서 다양한 전압을 발생시켜 CX0404장비에 인가된 전압과 신호처리 보드에서 출력되는 전압을 디지털 멀티미터로 확인하게 되면 선형성 점검을 할 수 있다. 이러한 개념을 구현할 수 있도록 하기 위해 Aero90 소프트웨어에서는 다음과 같이 설정하여 준다.

그림 7. 로드셀 신호처리 보드 점검 데이터 시트

- ① Configuration Module에서 1개의 제어채널 설정.
- ② Calibration Module에서 Excitation Volt / Gain 인자만 다양하게 설정한다. 이러한 교정 확인 과정 중에 측정된 데이터는 별도의 데이터 시트에 작성하여 로드셀 신호처리 보드에 대한 교정 확인 시트를 발행하게 되며, 이러한 점검결과에 대한 예제 문서는 그림 7

3. 결 론

본 논문에서는 전기체 구조시험 장비에서 (MTS Aero90) 서보 제어 장치 중의 일부인 다기능 입출력 프로세서와 로드셀 신호처리 보드에 대한 교정 확인 방법을 개발하여 전기체 구조시험 장비뿐만 아니라 사용자가 보유하고 있는 일반적인 시험 장비에서도 동일 개념으로 적용할 수 있도록 하였으며, 향후 전기체 구조시험 장비의 구성 요소인 AC Conditioner (497.13), Servo Valve Driver (497.26)도 확인할 수 있도록 교정 확인 및 검사 방법을 개발할 예정이다. 또한 전기체 구조시험에서 데이터 획득 장비에 대한 검사 방법도 함께 개발할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 채동철 외, 다기능 입출력 프로세서 보드 점검 절차. KARI-SUG-TM-2004-014.
2. 채동철 외, 로드셀 신호처리 보드 점검 절차. KARI-SUG-TM-2004-013.