

전기체 구조시험 설비 감시 시스템

채동철*, 황귀철**, 송재창***, 심재열****

Monitoring System for Full-Scale Structural Test Facility

Dong-Chul Chae*, Gui-Chul Hwang**, Jae-Chang Song***, Jae-Yeul Shim****

Abstract

Full-scale test facility is a huge system which is integrated by many subsystems. There are several critical elements in test facility system. Those elements may cause undesirably test article failure during testing. Therefore, test facility monitoring system which indicates the operating status of the critical elements is required for performing full-scale structural test. Selection of critical element and design of this monitoring system are explained in detail in this paper. The monitoring system developed are being applied to T-50 full-scale static test, will be expended for full-scale fatigue test in the near future.

초 록

전기체 구조시험에서 사용되는 시험설비는 규모가 크고 여러 시스템들이 상호 유기적인 결합체계를 이루고 있다. 이 시험설비를 구성하는 여러 요소들이 비정상적인 작동을 하게 되면, 구조시험의 진행이 영향을 받게 되며 몇몇 중요 요소들은 구조시험의 돌발적인 중지를 유발하게 된다. 따라서 이들 중요 요소들은 시험동안 감시의 대상이 되며, 이를 위한 감시 시스템이 필요하게 된다.

본 논문에서는 전기체 구조시험 설비 감시 시스템 개발과 관련하여 감시 및 지시 대상 항목 선정, 시스템 설계에 대하여 소개하였다. 본 논문에서 소개된 감시 시스템은 현재 T-50 전기체 정적 시험에 성공적으로 활용되고 있으며, 향후 피로시험에 적용할 수 있도록 확장할 예정이다.

키워드 : 감시 시스템(monitoring system), 전기체 구조시험(full scale structural test)

1. 서 론

전기체 구조시험설비는 서보 제어 시스템, 데

이터 획득 시스템, 유압 시스템, 여압 시스템, 냉각 시스템, 컴퓨터 시스템이 상호 유기적인 결합체계를 이루고 있다[1]. 이 가운데 어느 하나의

* 기체구조그룹/chul@kari.re.kr

*** 기체구조그룹/jcsong@kari.re.kr

** 기체구조그룹/gch@kari.re.kr

**** 기체구조그룹/jyshim@kari.re.kr

시스템이라도 올바르게 작동하지 않으면 예상치 않은 시험의 중단은 초래하게 된다. 예상치 않은 시험의 중단은 때때로 시험체의 파손을 유발시킬 수도 있다. 따라서 전기체 구조시험 장비 시스템을 구성하고 있는 많은 요소들이 비정상적으로 작동되는 것을 사전에 방지할 수 있도록 하기 위해 우선 설비의 유지관리를 기본적으로 잘 수행하여야 한다. 또한 시험도중 갑작스런 시험중단을 유발 시킬 수 있는 설비 시스템 구성요소들에 대해서는 시험운영자가 조기에 상황을 파악할 수 있도록 하여 설비복구 또는 정상적인 절차에 의한 시험중지 등의 적절한 조치를 취할 수 있도록 하여야 한다.

현재 한국항공우주연구원에서는 T-50 전기체 정적시험을 진행하고 있으며, 본 시험을 효율적으로 수행하기 위해 전기체 구조시험 설비 감시 시스템을 개발하였다[2]. 본 논문에서는 T-50 전기체 정적시험을 수행하기 위해 사용된 통합된 전기체 구조시험 설비 시스템을 2.1절에서 간략하게 소개하였고 이 설비 시스템에 포함된 주요 감시대상 항목 선정에 대하여 2.2절에서 설명하였다. 2.3절에서는 개발된 감시 시스템의 설계 및 구성 하드웨어와 본 개발 시스템의 구동 소프트웨어에 대하여 자세히 설명하였다.

2. 본 론

2.1 구조시험 설비 구성 요소

전기체 구조시험을 수행하기 위해 통합된 전기체 구조시험 설비 시스템은 그림 1과 같이 서보 제어 시스템, 데이터 획득 시스템, 유압 시스템, 여압 시스템, 냉각 시스템, 컴퓨터 시스템 등으로 나누어진다. 서보 제어 시스템은 주제어장치와 실질적인 제어알고리즘이 수행되는 서보 제어 장치로 나누어 설명할 수 있는데 주제어장치는 모든 시험과 관련된 사항들을 총괄적으로 지배하는 관리 시스템으로 4개의 독립적인 구조시험을 동시에 수행할 수 있으며 각 시험을 주관할 수 있도록 하는 시험 제어국을 두고 있다. 서보

제어 장치는 명령신호와 궤환(Feedback)신호 차이에 해당하는 오차신호를 가지고 유압 작동기를 제어하는 기능을 가지고 있다. 물론 주제어장치와 상호 연결되어 있어 가장 상위 수준에서의 기능과 채널수준에서의 기능성을 동시에 관리하고 있다. 데이터 획득 시스템은 데이터 획득 채널수에 따라서 데이터 획득 속도가 달라지는 시스템을 확보하고 있으며, Quarter Bridge, Half Bridge, Full Bridge 등의 센서를 적용할 수 있다. 또한 브리지의 구성을 사용자의 직접적인 조정 없이 프로그램으로 처리하므로 채널수가 많은 시험에 매우 유용하다. 유압 시스템은 유압유를 공급하는 유압펌프, 유압라인, 유압운동장치(HSM)로 구성 되었으며, 냉각 시스템은 유압유의 온도가 적절하게 유지되도록 하는 것으로 냉각수 펌프 모터, 냉각탑으로 구성된 시스템이다. 여압 시스템은 여압을 발생시키는 여압 펌프, 많은 압축공기를 저장하기 위한 저장탱크, 시험하고자 하는 시험체에 요구하는 여압을 작용하기 위한 압력작용기(SPTC)로 구성되어 있고 이 압력작용기는 유압작동기가 서보 제어 장치와 연결되어 하중을 제어하는 것과 같이 서보 제어 장치와 연결되어 압력작용을 제어하게 된다. 마지막으로 컴퓨터 시스템은 시험자가 컴퓨터를 이용하여 서보 제어 시스템과 데이터 획득 시스템의 자원에 접근하여 전기체 구조시험 진행을 주관하게 된다.

2.2 감시 시스템 설계 대상 항목 선정

그림 1의 전기체 구조시험 설비 구성 요소에는 감시 대상 항목으로 선정할 수 있는 자원들이 있다. 이들 각각의 자원들은 각종 센서 또는 지시장치를 통하여 감시 시스템에 입력신호를 주어 감시 시스템에 설치된 지시계를 통하여 시험운영자에게 신호전달을 하게 된다. 본 절에서는 주요 감시 대상 항목들에 대한 선정배경을 설명하고 감시 시스템을 설계할 때 선정 배경에 따른 적합한 센서와 외부장치에 대하여 기술한다.

그림 1에서 보는 유압공급부에 위치한 각 유압펌프에는 독립적인 Common Valve와 Return Valve를 가지고 있으며, Common 밸브는 3대의

유압펌프 유압유 저장통을 하나로 연결시키는 밸브이고 Return 밸브는 유압작동기의 R-라인을 통하여 펌프로 되돌아오는 유압유를 각 펌프로 들어오는 것을 개폐하는 밸브로 유압펌프를 효과적으로 운용하기 위한 밸브들이다. 이 밸브들은 보유한 펌프들이 분산되어 확보된 것을 효과적으로 사용하기 위해 설치되었다. 임의의 펌프가 동작할 때 각각의 밸브 개폐를 올바르게 설정하지 않았을 경우에는 특정 유압 저장탱크로 유압유가 들어가 넘치는 현상이 일어날 수 있다. 이와 같은 현상이 발생하는 것을 모르고 계속 시험을 진행하게 되면 유압펌프의 유압유가 부족하게 되고, 유압펌프의 손상을 방지하기 위해 자동적으로 작동이 중단된다. 그리고 유압유의 온도가 일정 온도 이상 상승하였을 경우 유압 펌프의 보호를 위해 자동적으로 펌프가 정지하도록 되어 있다. 이상과 같이 유압펌프의 작동이 중단되는 경우 유압작동기를 통하여 시험체에 작용하는 하중이 제어 불능상태가 발생되고 이는 시험자의 의지와 관계없이 시험의 중단이 초래된다. 이와 같은 시험중지 과정에서 시험체의 손상이 유발될 수도 있으므로 유압펌프의 작동이 멈추게 하는 요소들인 유압펌프의 Common Valve, Return Valve 개폐와 유압 저장탱크의 유압유 온도와 높이를 감시항목으로 선정하였다.

유압펌프에서 생성된 유압은 유압배관을 통하여 유압작동기에 전달이 된다. 유압 배관의 압력은 유압펌프의 토출압력과 크게 다르지 않게 유지된다. 시험도중 유압배관에서 돌발적으로 유압유가 누출되는 경우 유압작동기에는 정상작동압력이 전달되지 않게 되어 원하는 하중의 크기를 시험체에 작용하지 못하게 된다. 이 경우 제어오차가 크게 되어 시험중단이 발생된다. 따라서 유압배관의 누유여부를 배관의 압력저하 여부로 판단할 수 있게 되므로 감시항목으로 선정하였다.

여압 시스템의 정상 작동여부를 알 수 있도록 공압 펌프 공급 압력을 감시항목으로 선정하였고 시험체에 작용하기 위해 저장된 압축공기의 상태를 파악할 수 있도록 하기 위해 압력탱크의 압력을 함께 감시항목으로 선정하였다.

전기체 구조시험 장비 시스템은 대부분 무정전전력공급장치(UPS)의 전원을 이용하고 있다. UPS의 일차전원이 차단되는 경우 시험운용자 이를 인지하지 못하게 되면 UPS의 자체 전원을 소진하게 되어 갑작스런 전원공급중단으로 인하여 하중작용 중지, 데이터 손실 등 위험상황에 처하게 된다. UPS 일차전원 차단여부를 감시대상으로 선정하여 전원이 차단되는 경우 UPS의 전원 출력 허용 시간 이내에 적절한 대응을 하여 시험체 보호 및 전기체 구조시험 장비 시스템 보호를 유지하고자 한다.

그림1에서 보는 주제어장치(LTC)의 시험 제어국은 주 유압배관에서 시험체로의 압력공급을 조절하는 유압운용장치(HSM)를 제어하고, 시험 진행을 제어하고, 그리고 외부장치와의 디지털 입출력 신호제어 등의 기능이 있다. 특히 디지털 입출력 신호는 데이터 획득 시스템과 상호 연결되어 있어 주제어장치(LTC)와 네트워크로 연결되어 있는 서버 제어 장치의 데이터(하중, 압력)와 데이터 획득 시스템의 데이터(스트레인, 변위 등)를 동시에 받을 수 있도록 트리거 역할을 한다. 그리고 시험과 관련된 외부의 특별신호를 시험과 연계하고자 할 때 디지털 입출력장치(16채널)를 활용하고 이들 각 채널의 신호 작동상태를 감시항목으로 선정하여 각 채널별 센서의 작동여부를 감시하게 된다.

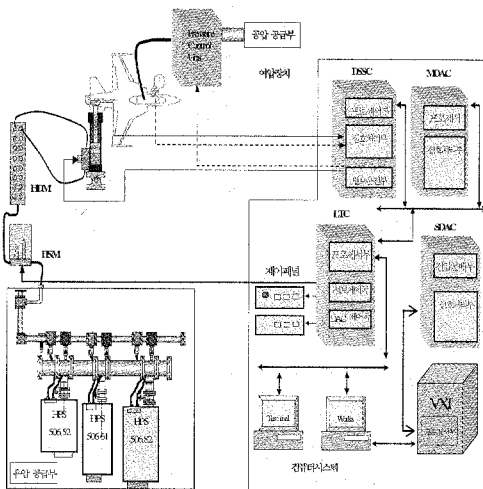


그림 1. 전기체 구조시험 구성 요소

전기체 구조시험을 수행하는 동안 시험장에는 많은 엔지니어가 시험 진행을 감시하게 된다. 이들은 시험체 및 시험장치들의 손상여부를 귀와 눈을 통하여 감시하게 된다. 시험장에서 현재 하중레벨을 나타내 줄 수 있도록 하기 위해 그림2에 있는 서보 제어 장치(DSSC)의 한 채널에 대한 명령값 또는 궤환값 전압을 감시 요소로 선정하였다. 이 전압을 설계제한하중의 전압에 대한 상대적인 %값으로 표시하도록 소프트웨어적 처리를 하여 사용한다.

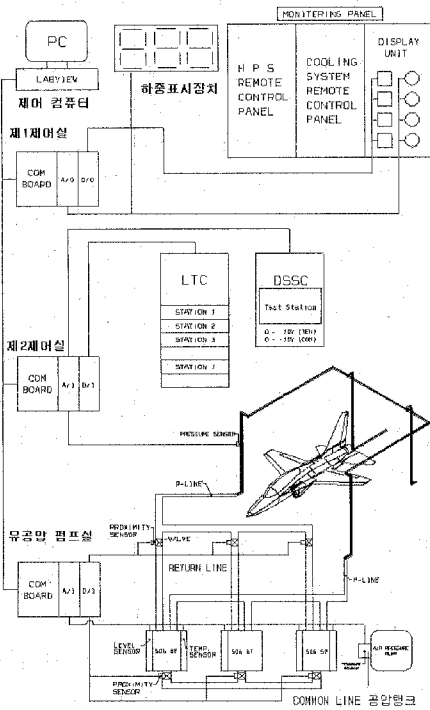


그림 2. 감시 시스템 설계 개요

제어실, 제 2 제어실, 유공압 펌프실 등에 넓게 위치하고 있다. 제 1 제어실에는 장비운영 컴퓨터, 제 2 제어실에는 서보 제어 시스템, 데이터 획득 시스템, 유공압 펌프실에는 유압펌프, 공압 펌프, 냉각 시스템 등이 있다. 제 1 제어실을 제외한 모든 곳에 감시 대상 항목이 산재되어 있으며 모든 감시대상 항목을 시험 운영자가 위치하는 제 1 제어실에서 통합적으로 감시 할 수 있도록 설계하였다.

2.2절에서 설명한 주요 감시 항목들이 감시 시스템 설계 개략도인 그림 2에서 제1제어실에 위치한 PC와 감시 패널에 어떻게 연결되었는지를 보여 주고 있다. 감시 대상 항목에 대하여 설계된 센서 및 표시장치는 표 1과 같다.

표 1. 감시 대상 항목 구성표

감시 대상 항목	표시 장치	센서 및 구동장치
유압펌프밸브개폐	WL-12	SD-18MSB
유압펌프 온도	C-032	SS-502W
유압펌프 높이	C-032	ST-600
공압 탱크 압력	C-032	PT-3300
유압 배관 압력	C-032	PT-3300
UPS	KH4016, KH501	UPS 전원
냉각수 온도	TZ4W	SS-502W
냉각 모터 작동상태	KH500, KH501	KBL-25
유압 펌프 작동상태	KH501	KSL-25
서보제어장치출력신호	L-038	Test Point(Aero90)
시험제어국 입출력 신호	FP-DI-301	Test Station(Aero90)

2.3 감시 시스템의 설계 및 구현

본 절에서는 전기체 구조시험 설비 감시 시스템에 대한 설계개념과 관련 하드웨어 그리고 본 감시 시스템 운용에 사용되는 소프트웨어에 대하여 기술하였다.

전기체 구조시험 설비 감시 대상 항목은 제 1

특히 유압 펌프 밸브 개폐 항목에 대해서는 근접센서를 사용하여 직접적인 접촉이 없이도 동작되도록 하였으며, 유압유의 높이, 유압유의 온도, 유압 배관, 공압 탱크의 압력에 대해서는 전류타입의 센서를 사용하여 케이블의 길이에 따른 영향을 최소화 하도록 설계하였다.

상기의 감시 대상 항목 중에서 냉각수 온도, 냉각 모터 작동상태, 유공압 펌프 작동상태 항목은 표시장치와 구동장치를 직접 케이블로 연결하여 신호가 전달될 수 있도록 하였으며, 그 이외의 감시 대상 항목에 대해서는 NI(National Instrument)사의 Field Point를 통하여 신호가 전달될 수 있도록 하여 전체적인 전기체 구조시험 설비 감시 시스템의 하드웨어적인 동작을 할 수 있도록 구현하였다. Field Point 하드웨어는 기본 단위가 한 개의 네트워크 모듈, 한 개의 터미널 베이스, 한 개의 입출력 모듈로 구성되어 있으며, 본 감시 시스템에서는 그림2에서 보는 바와 같이 3개의 기본 단위들을 활용하여 구성하였고, Field Point Explorer, Labview 소프트웨어가 탑재된 제어 컴퓨터에서 감시 대상 항목의 원거리 제어 및 신호의 입출력을 수행할 수 있게 설계되었다. 감시 대상 항목은 원거리에서 각각 분산되어 있고, 여러개의 Field Point는 병렬로 연결하여 원거리에서 사용할 수 있으므로 본 감시 시스템의 기본 하드웨어로 적합한 하드웨어로 평가하여 채택하였다. Field Point와 함께 기본단위를 이루는 신호 입출력 하드웨어 모델로 FP-AI-110, FP-AO-200, FP-DI-301, FP-DO-403, FP-AI-C420, PF-AO-C420 등을 사용하였다.

Field Point 신호전달의 체계를 유압펌프 밸브 개폐 감시 대상 항목에 대하여 대표적으로 설명하면 다음과 같다.

유압펌프 밸브 개폐 감시를 위해 사용된 근접 센서가 해당 밸브의 개방 또는 닫힘에 따른 디지털 신호를 출력하여 그림 2의 유공압 펌프실 Field Point에 탑재된 디지털 입력 모듈에 입력된다. 이 신호는 유공압 펌프실의 Field Point에 있는 네트워크 모듈을 통하여 제1제어실에 있는 제어 컴퓨터로 전달한다. 제어 컴퓨터는 유압펌프 밸브 개폐 여부에 따른 신호를 인식하고 해당 표시 장치에 출력하기 위해서 제 1 제어실의 Field point에 있는 네트워크 모듈에 신호를 전달한다. 이 신호는 디지털 출력 모듈에 다시 전달되어 감시패널에 장착된 해당 표시 장치에 밸브 개폐 여부에 따른 적합한 신호가 출력되도록 한다.

이상과 같이 설계된 하드웨어 및 장치가 사용자의 요구사항에 맞게 동작할 수 있도록 하기 위한 소프트웨어가 필요하다. 본 시스템에서 사용된 소프트웨어는 Field Point Explorer와 Labview이다. Field Point Explorer 소프트웨어는 Field Point 하드웨어와 Labview 소프트웨어를 상호 연결시켜주는 매개 프로그램으로 사용자가 Labview 소프트웨어를 쉽게 사용할 수 있도록 하여주는 환경설정 프로그램이며, Labview 소프트웨어는 응용프로그램을 만들기 위해 문자 대신에 그림을 사용하는 그래픽 프로그래밍 언어이다. 그림 3은 두 개의 소프트웨어를 함께 구동하여 전기체 구조시험 설비 감시 시스템에서 사용하는 소프트웨어 제어 패널이다.

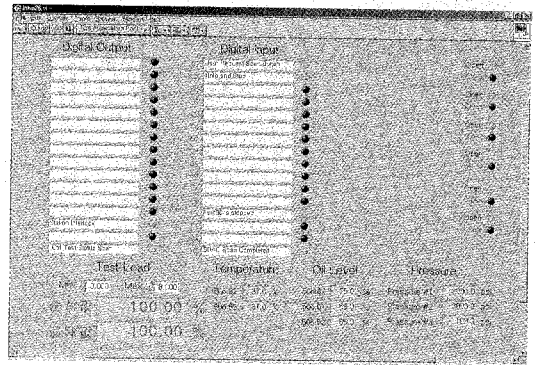


그림 3. 감시 시스템 소프트웨어 제어 패널

소프트웨어 입출력 신호의 처리 내용을 서보 제어 장치 출력신호 감시 대상 항목에 대하여 대표적으로 설명하면 다음과 같다. 서보 제어 장치에 설치된 시험지점(Test Point)에서는 하중 값에 따른 명령신호(-10V~+10V범위)의 전압을 출력하고, 그림 2 제 1 제어실의 L-038 하중 표시장치는 아날로그 전류 입력 4~20mA에 따라서 0%~200%의 값을 비례적으로 표시한다. 예를 들어 서보 제어 장치가 0~15000 lbs 하중 값에 따른 명령신호 0 ~7.5V의 전압을 출력하고, 100%의 설계제한하중(Limit Load)값이 10000 lbs 라고 가정하자. 서보 제어 장치에서 10000 lbs 하중 값에 해당하는 명령신호 5V의 전압값이 출력되었을 경우 100%의 값이 L-038 하중 표시장치에서

출력 되도록 소프트웨어 입출력 신호를 처리하여 준다. 즉 소프트웨어는 5V의 전압이 100%의 하중 레벨을 나타내도록 12mA의 아날로그 전류 출력신호를 하중 표시장치에 전달한다.

그림 4는 감시 패널의 전면 그림이고 감시 대상 항목에 대한 다양한 디스플레이 장치를 통하여 시험운영자는 현재의 상황을 정확하게 판단하고 해당되는 관련 조치를 신속하고도 정확하게 취할 수 있도록 설계하였다.

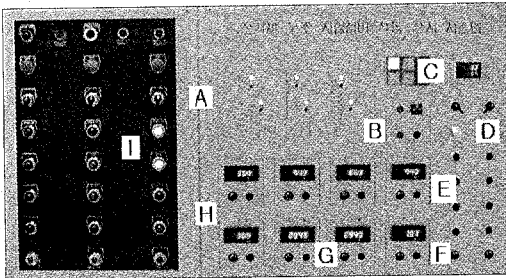


그림 4. 감시 시스템 구현

- A. 유압 펌프의 유압 배관 밸브 개폐 감시
- B. UPS 전원 입력 감시
- C. 냉각수 온도 감시
- D. 냉각 모터 동작 상태 감시
- E. 유압 저장 탱크 유압유 높이 감시
- F. 공압펌프 및 탱크 압력 감시
- G. 시험 유압 라인 압력 감시
- H. 유압 저장 탱크 유압유 온도 감시
- I. 유압 펌프 동작 상태 감시

3. 결 론

전기체 구조시험을 효율적으로 수행하기 위해 시험설비 시스템의 요소 중 감시하여야 할 감시 항목을 선정하였고, 시험자가 시험 진행하면서 이들 감시항목들의 작동상황을 손쉽게 파악할 수 있도록 하는 설비 감시 시스템을 설계, 제작하였다. 이렇게 설비 감시 시스템은 현재 한국항공우주연구원에서 수행하고 있는 T-50 전기체 정적시

험에 효과적으로 활용되고 있다.

본 시스템은 향후 발전적으로 확장 시킬 수 있도록 설계하였고 특히, 전기체 피로시험을 수행하기 위해 필요한 감시 및 지시 대상 항목들을 추가하여 사용할 수 있도록 가까운 장래에 확장 시킬 예정이다.

참 고 문 헌

1. 심재열 외, “고등훈련기급 항공기 전기체 정적시험” 한국항공우주학회 추계학술발표, 2002. 11.
2. 황귀철 외, “구조시험 설비 작동 감시 시스템” KARI-SMD-TM-2002-011, 한국항공우주연구원, 2002.