

유압 피로시험기용 디지털 제어시스템 개발

김지원*, 인종보*, 강도현*, 이상민**, 신병철**, 박지원***, 박기병***
한국전기연구원*, 인텍**, 삼연기술***

A Development of Digital Control System for Hydraulic Fatigue Testing Machine

J.W.Kim*, J.B.Ahn*, D.H.Kang*, S.M.Lee**, B.C.Shin**, J.W.Park***, K.B.Park***
KERI*, InTech**, SamYeon Tech.***

ABSTRACT

일반적으로 기계장치나 구조물 등은 여러 가지 형태의 반복하중을 받게 되며, 이러한 하중의 크기가 항복강도 이하에 있어서도 반복 피로 현상에 의해서 파괴되는 경우가 있다. 유압 피로시험기는 기계장치나 구조물의 재료나 부품에 대한 피로시험을 통하여 피로강도나 신뢰성 등을 시험하기 위한 장비이고, 본 논문에서는 유압 피로 시험기를 제어하고 데이터를 취득할 수 있는 제어시스템의 개발에 대해 서술하였다.

1. 서 론

일반적으로 기계장치나 구조물 등은 반복적인 하중과 변위의 변화를 받게 된다. 이렇게 반복되는 하중과 변위의 변화는 기계장치나 구조물의 피로를 누적시키고 결국은 항복하중 이하의 하중에 대해서도 파괴되어 버리는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 기계장치나 구조물의 재료 또는 부품에 대한 피로시험이 많이 요구되고 있다. 이러한 피로시험기는 매우 큰 하중을 발생시켜야 하기 때문에 주로 유압을 사용하여 구성된다. 피로시험기의 기본 기능은 하중과 변위 각각에 대해서 sine, triangle, ramp 및 step 파형을 발생시킬 수 있어야 하며, 사용자가 임의로 구성한 파형 발생기능도 필요한 경우가 있다. 또한 시험 데이터에 대한 파형 도시 및 데이터 저장 기능도 필요하게 된다. 본 논문에서는 이러한 피로시험기에 적용하기 위하여 개발된 디지털 제어 시스템에 대해서 서술한다. 개발된 제어시스템은 고성능 DSP를 적용하여 구성되었으며, 단일 제어기를 이용하여 최대 6축까지의 피로 시험이 가능하도록 개발되었다. 개발된 제어 시스템은 PC에 설치되는 모니터링 및 제어 프로그램에 의하여 동작할 수 있을 뿐만 아니라 단독으로도 기본적인

시험을 수행할 수 있는 기능을 갖추었다.

2. 시스템 구성 및 제어기

2.1 유압 시스템 구성

피로 시험기는 매우 큰 하중을 발생시켜야 하기 때문에 주로 유압 시스템으로 구성된다. 유압시스템은 크게 압력을 발생시켜줄 수 있는 유압 유니트와 시편을 장착하여 시험을 할 수 있는 Loading 유니트로 구분할 수 있다. 그림 2.1에 유압 유니트의 사진을 나타내었다.

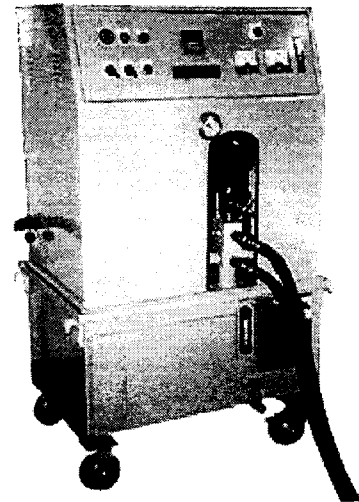


그림 2.1 유압 유니트의 사진

유압 유니트는 유압 펌프, Accumulator 및 서보 밸브 등으로 구성되어 있으며, 빠른 시험 속도의 실현과 높은 주파수의 시험을 가능하게 하기 위하여 충분한 토출량의 유압펌프와 정밀한 서보밸브가 사용되어야 한다. 그림 2.2에는 Loading 유니트의 사진을 나타내었다.

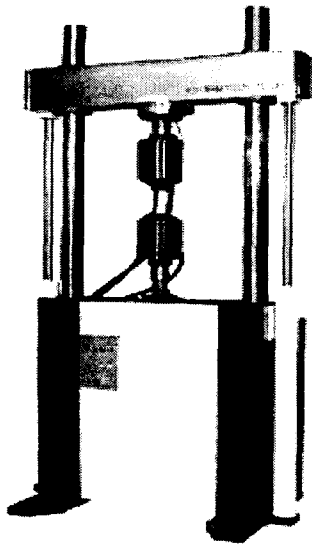


그림 2.2 Loading 유니트의 사진

Loading 유니트는 시편을 장착하여 하중을 인가하는 부분으로 견고하고 조작이 편리한 하중 프레임 사용하였으며, 저하중형 유압서보 액츄에이터를 장착하여 정밀한 제어, 정확한 계측 및 내구성이 보장되도록 구성되었다.

2.2 디지털 제어시스템 구성

디지털 제어시스템은 정밀한 제어 및 다양한 기능 구현을 위하여 고성능 DSP를 이용하여 구성하였다. 개발된 디지털 제어시스템은 단독운전 및 상위프로그램과의 연계 운전이 가능하며, 단일 제어기를 이용하여 최대 6축까지 시험기를 제어할 수 있다. 또한 소용량 시험기의 경우 전동기를 사용한 시험기에 대비하여 전동기의 위치를 피드백 받기 위한 엔코더 입력 2채널을 확보하였다. 1축에 대한 내부적인 제어 블록 다이어그램은 그림 2.3과 같다.

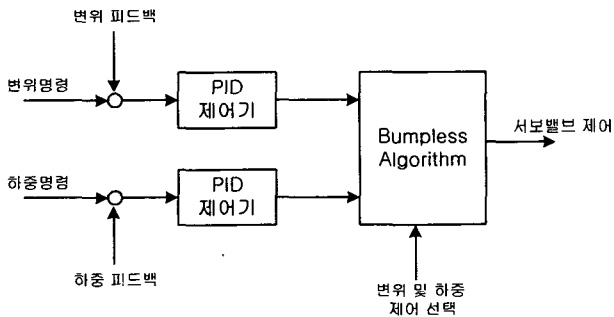


그림 2.3 제어 블록 다이어그램

그림 2.3의 블록도에서 보듯이 피로시험기는 변위제어와 하중제어를 계속해서 스위칭하며 동작하게 된다. 스위칭시에 제어기 출력이 갑자기 변하게

되는 현상이 발생하면 시험하고자 하는 시편에 손상을 줄 가능성이 있기 때문에 제어기 스위칭시 bumpless 제어가 가능하도록 구현하는 것은 필수적이다. 그림 2.4에서는 디지털 제어기를 포함하는 전체 시스템 구성을 나타내었다.

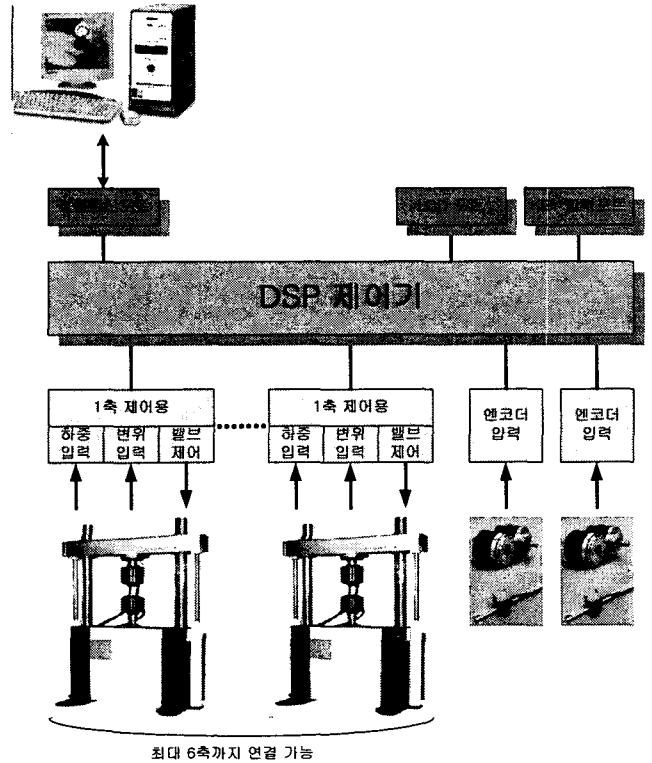


그림 2.4 전체 시스템 구성도

그림 2.4에서 보듯이 전체 시스템은 동시에 6축까지의 시험이 가능하도록 구성되어 있으며, 모니터링 및 제어 프로그램과의 통신을 위한 RS232 포트와 LCD 화면 표시 및 key 입력을 위한 포트도 갖추고 있다. 또한 전동기를 이용하여 시험기를 구성하는 경우 소용량이지만 정밀한 제어가 가능하므로 전동기의 정밀한 위치 계측을 위한 엔코더 입력을 위한 2개의 포트도 갖추고 있다. 본 시스템은 PC에 연계하여 동작하는 것을 기본으로 하지만 단독으로도 간단한 시험이나 설정이 가능하도록 구성되었다. 단독운전시의 동작으로는 변위 및 하중 표시기능, 변위 수동 조작 기능, 변위 및 하중 제어기 게인 설정기능, ramp 및 sine 파형 편집 및 시험기능, 각 채널동작을 ON/OFF하는 기능 및 유압펌프 및 솔레노이드 밸브 ON/OFF 기능이 있다.

2.3 모니터링 및 제어 프로그램

피로시험은 여러 가지 파형과 주파수를 혼합하여 파형 프로파일을 구성하고 시험하는 경우가 많기

때문에 이러한 파형 편집, 데이터 획득 및 분석을 위한 전용 프로그램이 필요하게 된다. 그림 2.5에 본 시스템에 적용되는 전용 프로그램의 초기 화면을 나타내었다.

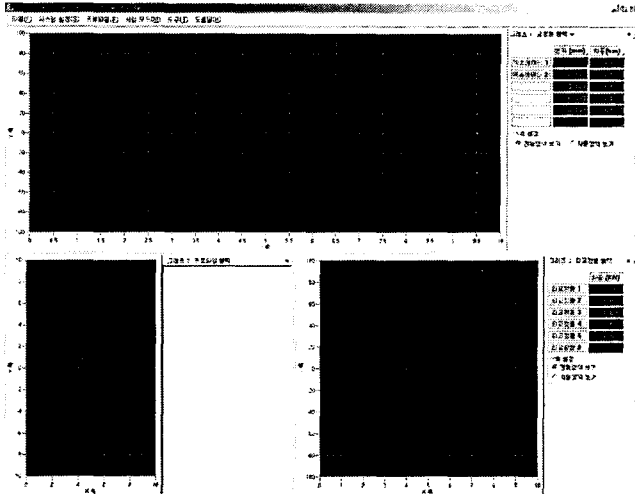


그림 2.5 모니터링 및 제어 프로그램

모니터링 및 제어 프로그램은 앞에서 언급한 바와 같이 시험 파형의 프로파일을 생성 및 저장하고 시험데이터의 취득, 분석 및 저장을 하는 기능을 한다. 프로그램은 PC에 설치된 data acquisition card를 통하여 데이터를 취득하게 되며, 취득한 데이터를 그래프로 표시하거나 분석하고 파일로 저장 또는 저장된 파일을 불러서 그래프로 표시하는 기능을 수행한다. 또한 직렬통신을 통하여 디지털 제어기에 생성된 시험파형 프로파일을 다운로드 할 수 있고, step이나 sine 파형을 통한 제어기 게인 튜닝 모드, 변위 및 하중 센서의 스케일 및 제한치를 설정하고 제어기에 다운로드 하는 기능을 수행한다. 또한 제어기에 현재 시험상태를 요청하여 현재 수행되고 있는 시험내용 및 진행상황을 나타내는 역할도 수행한다.

3. 결 론

본 논문에서는 고성능 DSP를 이용하여 개발한 유압 피로시험기용 디지털 제어기에 관하여 서술하였다. 본 논문에서 서술한 디지털 제어기는 최대 6축의 시험기를 제어할 수 있으며, 전동기를 적용한 시험기와의 인터페이스를 위한 2채널의 엔코더 입력 포트를 갖추고 있다. 변위제어와 하중제어간의 bumpless algorithm을 적용하여 변위제어와 하중제어간의 스위칭시에 발생하는 문제를 해결하였으며, 모니터링 및 제어 프로그램과의 연계를 통하여 많은 기능을 수행할 수 있도록 개발되었다. 90년대

이후 국내에서는 여러 가지 구조물에 대한 사고를 경험하면서 피로시험에 대한 요구가 크게 증가하였다. 세계적으로는 몇몇 외국 기업이 피로시험기 시장을 장악하고 있는 실정이며 따라서 국내 기업의 독자적인 제품 개발의 필요성이 크다고 할 수 있다. 추후 꾸준한 연구와 개발이 이루어진다면 좀 더 우수한 성능을 갖는 제품을 통하여 세계시장에도 진출할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Shahian, Hassul, "Control System Design Using MATLAB", Prentice Hall, 1993
- [2] A. M. Zikic, "Practice Digital Control", Ellis Horwood Series in Electrical and Electronic Engineering
- [3] Chi-Tsong Chen, "Analog and Digital Control System Design : Transfer Function, State Space, and Algebraic Methods", Saunders College Publishing, 1993