

압축기용 흡입머플러의 설계시스템 개발에 관한 연구

양 성대*, 정 경훈*, 이 은영*, 김 우영**, 이 유엽***,
황 원걸***, 김 병현****

A Study on Development of a Design System of Suction Muffler for Compressor

Seong Dae Yang*, Kyung Hun Jung*, Eun Young Lee*, Woo Young Kim**, You Yub Lee***,
Won Gul Hwang***, and Byung Hyun Kim****

ABSTRACT

We described an integrated management system, which is a design system of suction muffler (SMDS). SMDS constructs a virtual design system and possesses a Mutual Interfacing Module function using a Remote Analysis function and a GUI(Graphic User Interface). This system consists of a sever and clients. Client performs modeling and preprocessing, and server analyzes the results. The system uses Telnet and FTP based on TCP/IP protocol for connecting a client with a server.. It uses a PC at each work place as a basic platform for design and analysis of goods, and is able to manage a project as a unit. It is shown through an example that it is useful as a design tool in the fields.

Key Words : Transmission Loss(투과손실), Suction Muffler(흡입머플러), Compressor(압축기), File Transport Protocol(파일 전송 프로토콜)

1. 서론

압축기는 피스톤의 왕복운동으로 냉매를 압축, 유동시키며 이 운동특성에 의해 냉매의 맥동흐름과 흡입밸브로부터 방출되는 흡입소음이 발생한다. 압축기의 흡입 머플러는 흡입과정에서 발생하는 흡입소음을 저감시키는 반면에, 유체의 유동손실을 유발함으로써 압축기의 성능을 악화시킨다. 따라서, 흡입 머플러의 형상은 최대의 소음 저감과 최소의 유동손실을 얻을 수 있는 형상이 되어야 한다.

지금까지 머플러 설계는 유동손실이 고려된 성능평가와 투과손실의 실험적인 평가에 의존하여 왔다. 본 연구에서는 머플러 설계변수의 변화에 따라 유한요소 모델을 자동으로 생성하여 냉매에 의한 유동손실과 투과손실을 예측하는 프로그램(SMDS)을 개발하고자 하며, 이러한 예측결과를 토대로 현장의 설계자가 용이하게 소음 저감을 얻을 수 있도록 한다. 머플러의 소음해석에는 SYSNOISE 와 같은 유한 요소모델을 이용하는 상용 소프트웨어가 주로 사용되는데, 이들은 계산의 신뢰성은 보장되지만, 해석에 적합한 격자의 생성이나 엄밀한 경계조건을 부여하기 위해서는 일정

* 전남대학교 대학원
** 조선대학교
*** 전남대학교
**** 삼성광주전자

수준 이상의 숙련 과정이 요구되고 설계변경에 따라 별도의 해석 모델을 개발하여야 하는 어려움이 있다.

본 연구에서 개발한 프로그램은 머플러의 geometry를 Windows의 대화창(dialog box)에서 입력받아 자동으로 I-DEAS 상에서 mesh의 node 점의 데이터를 계산해서 유한요소모델을 용이하게 도출할 수 있도록 하였고 음향 해석에는 SYSNOISE, 유동해석에는 STAR-CD 및 FLUENT와 같은 기존의 상용 S/W들과 연결시켜 효율적인 해석을 수행함으로써 개발 기간을 단축하는데 기여하고자 하였다. 또한 프로그램을 현장의 설계자가 용이하게 이용할 수 있도록 Windows 환경 하에 동작하는 GUI 기반 시스템으로 하였다. 이와 같은 프로그램을 통해서, 설계자가 구상하는 머플러 형상의 소음감소를 위한 특성을 파악함으로써, 머플러의 형상 구현을 용이하게 하도록 하였다.

2. 머플러 설계관리 프로그램

2.1 프로그램 개발 개요

SMDS 프로그램은 머플러의 설계시점에서부터 사용자의 최종결정에 이르는 일련의 과정을 작업 순서에 따라 진행되어지는 트리형식의 메뉴를 채택함으로써 작업의 편리성을 도모하였다. 사용자의 필요에 따라 작업 순서와 무관하게 다른 메뉴로 인터럽트가 가능하여 사용자의 선택폭을 넓혔다.

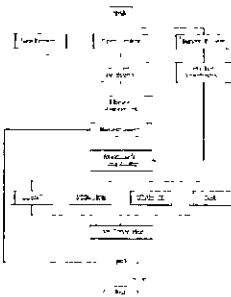


Fig. 2.1 SMDS 흐름도

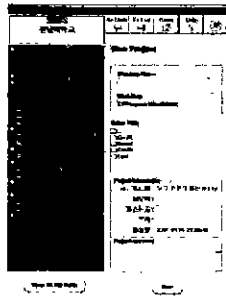


Fig. 2.2 Guide

그림 2.1은 SMDS 프로그램의 전체적인 흐름도이고 그림 2.2는 Guide로 프로그램 메뉴를 순

서적으로 나타내고 있다. SMDS 프로그램은 크게 Project, Library, Interface, Result 모듈로 구분된다. Project 모듈은 프로젝트 열기, 새로 작성 및 외부에서 데이터를 가져 올 수 있는 부분으로 세분되어 있으며, Library 모듈은 I-DEAS의 라이브러리와 이미지파일, 모델의 타입, 모델의 요소 등을 연결지어 놓은 파일을 관리한다. 또한, Interface 모듈은 FTP와 Telnet을 이용하여 외부 접속을 연결하는 루틴이 들어있다. 이를 이용하여 Remote에 있는 워크스테이션의 솔버 어플리케이션에 접속하여 해석하고, 다시 그 결과를 FTP를 이용하여 가져 올 수 있다. Result 모듈은 이러한 해석 결과들을 화면 또는 Windows Meta File로 만들어 사용자의 판단에 사용되며, 문서작성의 소스를 제공한다.

2.2 소음 및 유동 해석

머플러는 실린더의 압축과정에서 발생하는 주압력 맥동 성분과 형상에 의한 흐름 등의 요인에 의하여 발생하는 압력 맥동 성분들이 머플러를 통과하면서 압력을 평균화시켜 소음을 저감시키는 역할을 한다. 따라서 흡입 머플러의 적절한 설계를 통해 공진투과음과 비감쇠음의 원인을 제거할 수 있도록 하여야 한다.

유동해석에서는 머플러의 흡입구측 유로부 형태에 따른 속도 및 압력 분포를 비교한다. 출구단에서 발생하는 압력강하가 클수록 압축기 성능이 나빠진다고 볼 수 있는데, 입구단의 오리피스 형태, 배플의 홀 크기, 공명기와 간극에서 발생한 유동 저항을 줄이는 형태로 설계 변경을 시도하여 각 설계 변수의 변화에 따라 출구단의 압력 강하를 비교 고찰한다. 본 연구에서는 상용 software인 FLUENT와 STAR-CD를 이용하여 유동을 해석하였다.

SMDS는 각 현장에 있는 PC를 제품의 디자인 및 해석을 위한 기본 플랫폼으로 하고, 이러한 PC들을 고성능 워크스테이션 컴퓨터에 인터넷으로 연결해서 하나의 가상적인 제품설계 시스템을 구축하고, 이 시스템에서 동작하는 원격 해석 기능 및 GUI(Graphic User Interface)환경을 이용한 상호 인터페이스 모듈을 갖춘 소프트웨어이다. SMDS는 프로젝트에 대한 작업 단위별 관리가 가능하며, 머플러의 각 요소들에 대한 라이브러리 관리를 통하여 표준화를 도모하였다. 그리고 라이

브러리의 부품들을 선택하여 3 차원 모델링 소스 작업을 위한 I-DEAS 의 배치작업 파일을 생성하여 하나의 모델로 일괄처리 하고 작업의 결과인 메쉬 데이터를 해석 전용 프로세서인 SYSNOISE 또는 FLUENT 와 연계하여 작업한다. SYSNOISE 의 해석 결과인 ASCII 형태의 투과손실(TL) 파일을 받아들여, 디스플레이 장치 또는 윈도우의 표준출력 파일인 윈도우 메타파일을 출력하여 보고서를 작성할 수 있게 하였다. 또한 이러한 해석과 실험결과를 비교하여 업무에 효율화를 기할 수 있게 하였다. 개발 환경의 OS 는 Windows NT 버전이며, Compiler 는 Visual C++ 6.0 을 사용하였고 실행환경은 Windows 98 과 Windows NT4.0 에서 사용 가능하다.

2.3 프로그램 관리 모듈

라이브러리 관리 모듈에서는 I-DEAS 의 라이브러리와 각각의 element 들에 대한 캡처 이미지를 연결하며 라이브러리로 작성한다. 이러한 라이브러리 정보에는 단순한 연결 정보 뿐만이 아니라 해당 element 들에 대한 모델명, 종류 및 설명도 함께 추가된다. I-DEAS 의 라이브러리 기능을 이용하기 위하여 미리 작성된 PRG 파일을 이용한다. PRG 파일은 Assemble 작업시 사용되는 I-DEAS 용 스크립트 파일이다.

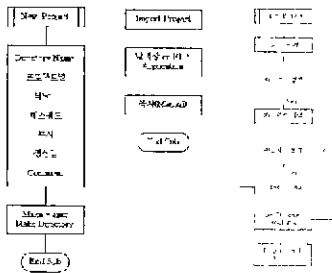


Fig. 2.3 프로젝트 관리 모듈의 흐름도

프로젝트 관리는 새 프로젝트를 작성하는 부분과, 기존의 프로젝트를 열수 있는 부분, 외부의 데이터 파일을 가져올 수 있는 Import 프로젝트의 세 부분으로 나뉘어져 있다. 프로젝트별 암호설정 기능을 추가함으로써 보안 기능을 가능하게 하였

다.

그림 2.4 는 인터페이스 모듈의 개략도이다. 인터페이스 모듈은 SMDS 프로그램에서 중요한 모듈로 워크스테이션에 원격 접속하여 모델링 프로그램 및 해석프로그램을 실행하기 위한 네트워크 설정 부분을 포함한다.

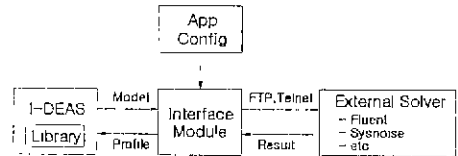


Fig. 2.4 인터페이스 모듈 개략도

SMDS 프로그램에서는 IP, TCP Protocol 분석, Winsock API 분석을 수행하는 프로그램을 Visual C++로 작성하였다. 특별히 워크스테이션의 환경에 맞도록 하기 위하여 실행 환경을 사전 조사하여 스크립트 파일로 작성, 자동 실행 하도록 하였고, FTP, Telnet program 을 완료하여 상위 프로그램인 SMDS 의 Networking 부분으로 활용하였다.

SMDS 프로그램은 Telnet, FTP 의 환경설정을 통해 네트워크 환경과 연결프로그램들을 연결하여 어플리케이션들의 로컬 또는 리모트 지역의 실행 환경을 설정 할 수 있으며 적용 워크스테이션의 연결 환경을 사전 조사하여 스크립트화 할 수 있다. 이를 이용해서 원격지에 Telnet 을 통해 접속 시 사용자의 별다른 입력작업 없이 응용프로그램을 실행시킬 수 있다. 원격지 또는 로컬에서 실행하는 프로그램으로 I-DEAS, SYSNOISE, FLUENT, STAR-CD 등이 있다. 별도로 워드프로세서의 연결을 위해 사용자가 주로 사용하는 워드 프로세서를 지정할 수 있고, 이미지 편집기와 Exceed 연결 환경 설정을 함께 한다.

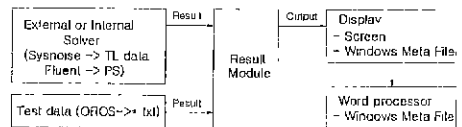


Fig. 2.5 결과 모듈 개략도

결과모듈은 로컬 또는 리모트 시험결과 수치 데이터들의 가시화단계를 말한다. 가시화 작업은 SMDS 프로그램의 주화면을 통해 할 수 있으며,

Window 의 표준 출력 파일인 Windows Meta File 을 이용하여 출력할 수 있다.

SYSNOISE 에서 구한 TL 데이터, FLUENT, STAR-CD 같은 다른 프로그램의 결과 파일을 불러온다.

측정한 TL 데이터를 가시화하기 위하여 그래프의 범위 등의 설정이 가능하고 문서 편집기를 통해 그래프를 문서 작업할 수 있게 하였다. 또한, 외부 프로그램(Excel 과 같은)을 위한 ASCII 파일 형태의 TL 데이터를 출력한다.

Post Process 는 해석결과와 실험결과를 같이 볼 수 있는 최종 결과 출력 단계이다. Post Process 에서는 앞의 시험 데이터와 마찬가지로 해석과 실험결과를 문서편집기를 통해 문서로 보내거나 그림 파일 등으로 저장할 수 있다.

2.4 연계(Interface) 프로그래밍

원격지의 워크스테이션에 접속을 위하여 실행하는 절차는 다음과 같다. 서버의 Address, ID, Password 를 설정 창을 통하여 미리 입력 받아 저장해 둔다. SMDS 의 인터페이스 모듈내의 해석용 프로그램의 버튼을 클릭하면 자체 제작된 스크립트 해석용 Telnet 을 실행시켜 저장된 Address 를 통해 접속을 시도한다. 접속에 성공한 후 서버의 동작에 반응하도록 되어있는 스크립트가 실행된다. 이 스크립트에는 ID, Password 입력과 같은 서버의 요구사항에 합당한 응답내용이 미리 프로그래밍 되어 있다. 또한 능동적 작업을 하기 위해서 서버의 요구 사항이 없더라도 서버의 프롬프트를 검출하여 다음 작업을 지시한다.

실제의 코딩부분에서는 서버에서 Telnet 을 통하여 들어온 데이터가 있으면 아래의 루틴이 호출된다. 일련의 작업 후 생성된 결과 파일에 대해서는 FTP 를 사용하여 데이터를 교환한다.

3. 모델별 소음 및 유동 해석

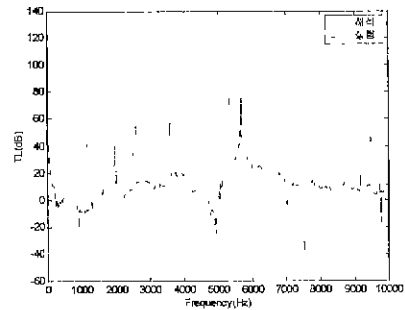
지금까지의 머플러개발은 유동손실이 고려된 성능실험 평가와 투과손실의 실험적인 평가에 의존하여 왔다. 본 연구에서는 해석 프로그램인 SYSNOISE, FLUENT, 및 STAR-CD 를 이용하여 압축기에 장착되는 머플러의 투과손실과 유동손실을 예측하여 최적의 머플러를 설계하고 이를 바탕으로 투과손실 측정실험과 압축기 외부소음 측정

을 수행함으로써 소음 저감의 목적을 달성하고자 하였다. 각각의 모델에 대해 소음과 유동해석을 수행하였으며, 압축기에 장착하여 실제 외부소음을 측정하였다. 그림 3.2 는 두 가지 모델의 성능 특성을 비교한 것이다.

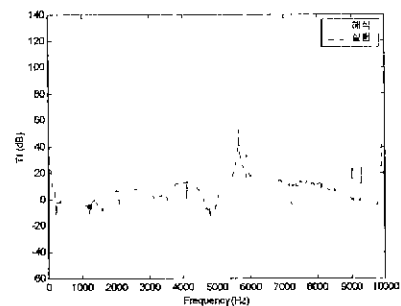


(a) 모델 1 (b) 모델 2

Fig. 3.1 머플러 모델링



(a) 모델 1



(b) 모델 2

Fig. 3.2 모델의 TL 실험과 해석비교 (머플러 단품)

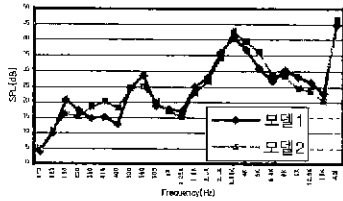


Fig. 3.3 실험 비교(압축기 소음)

그림 3.3에 표시된 바와 같이 630Hz 부근에서 모델 1에 비해 모델 2의 소음성능이 우수하다. 유동해석은 출구의 압력조건을 대기압으로 하여 입구에서 속도를 경계 조건으로 주어 해석하였다. 그림 3.4와 3.5는 모델 1과 2의 해석 결과이다. 그림에서 보듯이 모델 2가 모델 1에 비해 주 유동 흐름이 개선되었음을 알 수 있다.



Fig. 3.4 모델 1의 압력 및 속도 분포

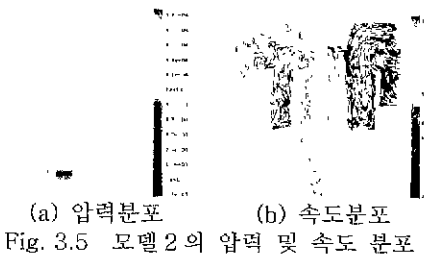


Fig. 3.5 모델 2의 압력 및 속도 분포

5. 결론

이상과 같이 압축기용 흡입머플러에 대한 설계 시스템을 개발하여 적용 시켜본 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 압축기에 사용되는 흡입머플러 설계에 필요한 SMDS을 개발함으로써 설계 기간의 단축을

기할 수 있게 되었다.

(2) SMDS는 각 현장에 있는 PC를 제품의 디자인 및 해석을 위한 기본 플랫폼으로 하고, 고성능 컴퓨터에 인터넷을 통해 연결해서 하나의 가상적인 제품설계 시스템을 구축할 수 있도록 하였다.

(3) 또한 SMDS 프로그램은 Windows 기반 프로그램으로서, I-DEAS, SYSNOISE, FLUENT, 및 STAR-CD를 사용할 수 있는 환경을 구축하여 머플러의 투과손실과 유동특성을 확인할 수 있게 하여 업무의 효율화를 기할 수 있도록 하였다.

(4) 머플러 내부의 유동 및 투과손실 해석을 수행하여 시험결과와 비교하여 설계시 유용하게 사용할 수 있도록 하였다.

참고문헌

- 오상경, 모진용, 허만선, "복잡한 형상의 머플러 음향특성 해석 및 개선에 관한 연구," 한국소음진동공학회지 제 6권 제 6호, pp.755~762, 1996.
- 강성우, 김양한, "두개의 음향탐촉자를 이용한 소음기의 투과손실 측정과 오차해석," 한국소음진동공학회지 제 2권 제 3호, pp.181~192, 1992
- 주관연구기관 정보통신부 시스템공학연구소, 산업지원 가상실험 소프트웨어 개발연구, 1997.
- 신응수, "유한요소법에 대한 교육용 프로그램의 개발," 한국과학기술원, 1984.
- K.Sano, "Analysis of Hermetic Rolling Piston Compressor Noise and Counter Compressor Measurements," Proc. of 1984 International Compressor Conference at Purdue, pp.242~250, 1984.
- L.E. Kinsler, A.R. Frey, A.B.Coppens, J.V. Sanders, Fundamentals of Acoustics, John Wiley & Sons, Third Edition, 1982.
- Mats Abom and Hans Boden, "Error Analysis of Two-Microphone Measurements in Ducts with Flow," J. Acoust. Soc. Am., 83, pp.2429~2438, 1988.