

# 재생형 송풍기의 소음저감 설계

## Noise Reduction Design of Regenerative Blowers

김준곤\*. 이광영\*. 이찬†. 길현권\*. 정경호\*\*. 황상문\*\*\*

Jun Kon Kim\*, Kwang Yeong Lee\*, Chan Lee†, Hyun Gwon Kil\*,

Kyung Ho Chung\*\*, Sang Moon Hwang\*\*\*

### 2. 설계, 성능 및 소음해석

#### 1. 서 론

재생형 송풍기는 적은 유량에서도 높은 압력을 생산해 낼 수 있는 성능 특성과 단순한 구조, 쉬운 제작 및 운전으로 인해 화학공장, 환경시설 및 연료 전지용 송풍기 등으로 널리 사용되고 있다.

재생형 송풍기의 단점으로는 상대적으로 높은 소음도로서, 소음의 발생은 높은 압력의 작동 조건과 기계 내부의 강한 난류에 의해 주로 야기되고, 이러한 소음은 이산주파수소음(discrete frequency noise)과 광대역주파수소음(broadband noise)의 형태로 방사된다.

최근의 에너지 절약 및 친환경 제품을 요구하는 산업적 추세에 발맞추어, 고효율 및 저소음에 대한 요구가 점차 강화되고 있는 실정이다. 고효율-저소음 송풍기의 개발을 위해서는 설계 단계에서부터 설계 변수가 효율 및 소음에 미치는 영향을 고려하여 송풍기의 형상 설계가 이루어져야 하며, 더 나아가 성능-효율-소음 간의 상호작용을 정확히 분석하여 효율 개선과 소음 저감을 동시에 달성할 수 있는 절충설계(trade-off design)가 이루어질 필요가 있다.

그러므로 본 연구는 송풍기 설계 및 성능-소음 해석을 위한 FANDAS-Regen 소프트웨어<sup>(1)</sup>와 최적화 툴인 PIANO 소프트웨어<sup>(2)</sup>를 결합하여, 요구되는 송풍기의 성능을 발휘하면서, 소음을 최소화 시킬수 있는 설계안을 제시하고자 최적화 연구를 하였다.

일반적으로 재생형 송풍기의 설계변수들은 다음과 같이 고려할 수 있다 (Fig. 1).

- Rotation speed(N)
- Tip diameter( $D_2 = 2r$ )
- Channel height(h)
- Channel width(W)
- Impeller blade inlet angle( $\beta_1$ )
- Impeller blade outlet angle( $\beta_2$ )
- No. of impeller blades(Z)
- Impeller blade thickness(d)
- Axial clearance(c)
- Extension angle( $\theta_c$ )

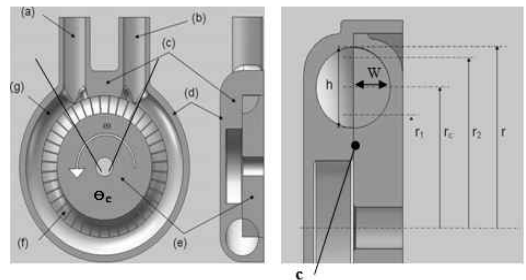


Fig 1. Geometry of a regenerative blower

이러한 설계변수들을 바탕으로 재생형 송풍기의 성능 해석을 위해서, 본 연구에서는 운동량 교환이론을<sup>(3)</sup> 적용하여 개발된 FANDAS-Regen 소프트웨어를 활용하였다. FANDAS-Regen에서는 Fig. 2의 GUI의 입력창을 통하여 입력된 설계변수들에 대하여 재생형 송풍기의 성능 및 공력음향학적 특성이 결정되게 된다. 소음 예측 해석은 회전수와 임펠러 개수의 곱에 비례하는 BPF 주파수(Blade Passing Frequency)에서 발생하는 이산주파수 소음과 광대역 주파수 소음에 대하여 이루어지며 두 주파수 소음도를 중첩하여 총소음도가 결정된다.

† 수원대학교 기계공학과  
E-mail : clee@suwon.ac.kr  
Tel : 031-220-2298, Fax : 031-220-2494  
\* 수원대학교 대학원  
\*\* (주)황해전기  
\*\*\* (주)프로파워

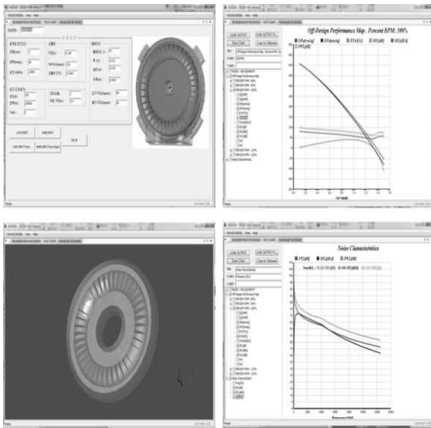


Fig. 2 GUI and results of FANDAS-Regen

### 3. 재생형 블로워의 설계 최적화

본 연구에서는 재생형 블로워에서 발생하는 소음을 최소화 하기 위하여, 최적화 설계 변수로서 임펠러 단면의 길이(h)와 폭(W)를 고려하였으며, 나머지 설계변수들은 고정 값을 적용하였다 (Table 1).

Table 1 Fan design specification

Fixed Design Parameters			
Rotation speed( N )	7400rpm	No. of impeller Blades( Z )	39
Tip diameter( D <sub>2</sub> )	120mm	Impeller blade thickness( d )	1mm
Inlet angle( β <sub>1</sub> )	90°		
Inlet angle( β <sub>2</sub> )	90°		
Axial clearance( c )	0.2mm	Extension angle( Θ )	290°

이때 요구되는 성능을 만족 시키기 위하여, 출구 유량(Qd), 압력(DPs), 총효율(ETAT) 값의 하한값과 동력(POWER)의 상한 값을 고려한 구속조건을 고려 하였으며, 설계 변수인 길이(h)와 폭(W)의 범위를 제한하였다. 이러한 구속조건하에서 소음레벨을 최소화하기 위한 설계 문제는 Table 2와 같이 정식화된다.

Table 2 Optimization problem

설계변수(mm)	목적함수	구속조건
30 ≤ h ≤ 40	SPL[dB] minimize	Qd ≥ 350[LPM]
5 ≤ W ≤ 15		DPs ≥ 13[kPa]
		ETAT > 25[%]
		POWER < 500[W]

그리고 이러한 최적화 문제의 해를 구하기 위하여, PIA<sub>n</sub>O에서 제공되는 STDQAO( Gradient-Based Sequential Approximate Optimization Technique ) 최적화 알고리즘을 FANDAS-Regen과 연동시켜 최적화를 진행 하였다

### 4. 결 과

재생형 블로워의 최적 설계안은 재생형 블로워의 폭과 길이 초기 값(W=5mm, h=40mm)에 대하여 W=6mm, h=34mm로 결정되었으며, 발생하는 소음레벨은 109dB에서 107dB로 2%의 저감 효과를 확인 할 수 있었다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 재생형 송풍기의 성능을 만족시키면서, 발생하는 소음을 최소화 시키기 위한 최적화 설계를 수행하였으며, 이러한 연구는 재생형 송풍기의 최적화 설계를 위한 초기 연구로 수행되었다.

### 후 기

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국 에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20123010030020 )

### 참고문헌

- 이찬, 길현권, 김강천, 김준근, 마재현, 정경호, 2013, “재생형 송풍기의 공력음향학적 성능 해석 방법,” 한국유체기계회 논문집 v.16, no.2, pp. 15-20, 2013.
- PIAnO (Process Integration, Automation and Optimization) user’s Manual, Ver. 3.5, PIDOTECH, INC. 2013.
- 이찬, 성형진, 권장혁, 정명균, 1991, “ 재생펌프의 성능해석 및 최적화에 대한 연구,” 대한기계학회논문집, 15(2), pp. 661-667, 1991.