

IoT 기초 연구를 위한 링크식을 대체한 기어식 베인댐퍼 개발

장성철^{1*}, 권민수²

¹한국폴리텍7대학 부산캠퍼스 기계시스템과 교수, ²한국폴리텍3대학 원주캠퍼스 의료공학과 교수

Development of Gear-Type Vain Damper Replacing Link-Type for Basic IoT Research

Sung-Cheol Jang^{1*}, Min-Soo Kwon²

¹Professor, Division of Machine System, Korea Polytechnics

²Professor, Division of Medical Engineering, Korea Polytechnics

요약 FD FAN(강제통풍팬)은 가스나 공기를 가압하여 목적인 곳으로 이송할 때 쓰이는 장치이며, 흡입 유량을 제어하기 위해서 베인 댐퍼를 사용하고 있다. 베인 댐퍼는 선박 보일러 내부의 완전 연소를 위하여, 베인의 개폐 각도를 조절하여 공기의 흡입 유량을 제어하는 유량조절 밸브이다. 대부분의 선박에는 링크식 베인 댐퍼를 사용하여 유량을 자동 또는 수동으로 조절할 수 있는 팬이 적용되고 있다. 그러나 초기 0~20도 각도에서 베인의 각도를 제어하는 링크의 불균형으로 인해 베인이 짧은 순간에 갑자기 열림으로서 순간적으로 많은 유량이 보일러 내부에 유입되기 때문에 불완전 연소로 인해 매연발생이 심각한 상태이다. 이것은 베인 댐퍼를 제어하는 링크의 복잡한 구조로 인한 조립 불균형의 구조적인 문제점과 링크 축에 걸리는 전달 토크가 골고루 분포하지 않고, 특정한 링크에 집중되는 현상으로 인해 축의 파괴가 발생하는 기술적인 문제가 뒤따르기 때문이다. 본 연구에서는 링크식을 대체한 기어식 베인 댐퍼를 개발하기 위해서, 백래쉬 발생량 최소화 및 발생하는 토크를 분석하고, 조립식에 따른 품질 및 생산성 향상을 도모하였고, 베벨기어의 강도를 증명하였고, 선박이라는 특수성을 감안하고 사고위험시 즉각조치를 위한 IoT 기초연구를 위한 환경시험을 평가하였다.

주제어 : 선박용 보일러, 강제통풍팬, 베인댐퍼, 링크식, 기어식

Abstract FD FAN (forced draft fan) is a device used to pressurize gas or air and transfer it to a desired location, and a vane damper is used to control the suction flow rate. The vane damper is a flow rate control valve that controls the suction flow rate of air by adjusting the opening and closing angle of the vane for complete combustion inside the ship boiler. Most ships have fans that can automatically or manually adjust the flow rate using a link-type vane damper. However, due to the imbalance of the link that controls the angle of the vane at the initial 0-20 degree angle, the vane is suddenly opened in a short moment, and a large amount of flow is instantly introduced into the boiler, resulting in serious soot generation due to incomplete combustion. This is because there are structural problems in the assembly imbalance due to the complex structure of the link controlling the vane damper, the transmission torque applied to the link shaft is not evenly distributed, and the technical problems that cause the shaft to be destroyed due to the phenomenon of being concentrated on a specific link. In this study, in order to develop a gear type vane damper that replaced the link type, the torque generated was analyzed to minimize the amount of backlash and the quality and productivity according to the assembly type were improved. The strength of the bevel gear was proved, and environmental tests for basic IoT research were evaluated in consideration of the specificity of the ship.

Key Words : Ship Boiler, FD FAN, Vane Damper, Link Type, Gear Type

*교신저자 : 장성철(jsc@kopo.ac.kr)

접수일 2024년 08월 20일 수정일 2024년 09월 13일 심사완료일 2024년 10월 2일

1. 서론

강제 통풍 팬(FD FAN)은 배출 압력을 이용하여 가스나 공기를 가압하여 목적인 곳으로 이송할 때 쓰이는 장치이며, 흡입 유량을 제어하기 위해서 베인 댐퍼를 사용하고 있다. 베인 댐퍼는 선박 보일러 내부의 완전 연소를 위하여, 베인의 개폐 각도를 조절하여 공기의 흡입 유량을 제어하는 유량조절 밸브이다. 선박 기자재에서도 최근 에너지 절감의 필요성이 증대됨에 따라 FD FAN 역시 동력 소모가 적은 동시에 효율이 높은 제품이 개발되고 있다. 따라서 FD FAN은 동력 소모를 줄이기 위하여 외부 부하 조건의 변동에 따라 공기의 유량 조절이 가능하도록 개발되는 것이 바람직하다. 이와 같은 FD FAN이 선박에 사용되면 운항 중에 외부 부하 조건의 변화가 심하더라도 효과적으로 외부 부하 조건을 조절할 수 있기 때문에 동력 절감 효과가 크게 나타난다.

최근 대부분의 선박에는 링크식 베인 댐퍼를 사용하여 유량을 자동 또는 수동으로 조절할 수 있는 팬이 적용되고 있다. 그러나 초기 0~20 각도에서 베인의 각도를 제어하는 링크의 불균형으로 인해 베인이 짧은 순간에 갑자기 열림으로서, 순간적으로 많은 유량이 보일러 내부에 유입되기 때문에 불완전 연소로 인해 매연발생이 심각한 상태이다. 이것은 베인 댐퍼를 제어하는 링크의 복잡한 구조로 인한 조립 불균형의 구조적인 문제점과 링크 축에 걸리는 전달 토크가 골고루 분포하지 않고, 특정한 링크에 집중되는 현상으로 인해 링크 축과 링크 축 사이에서 비틀림 모멘트가 발생되어 링크 축의 파괴가 발생하는 기술적인 문제가 뒤따르기 때문이다. FD FAN의 베인 각도를 정밀하게 조절하는 댐퍼에 관한 연구는 웬 시스템의 성능 향상을 위해서 매우 중요함에도 불구하고 이와 관련된 연구는 매우 부족한 실정이다. FD FAN의 댐퍼에 관한 연구로서 Jang 등[1], [2]은 고성능 기어식 베인 댐퍼 구동기에 관한 연구를 수행하였고, Yi 등[3]은 생산성 향상에 관한 연구를 수행하였으며, Witt 등[4]은 유동해석 관련 연구를 수행하였다.

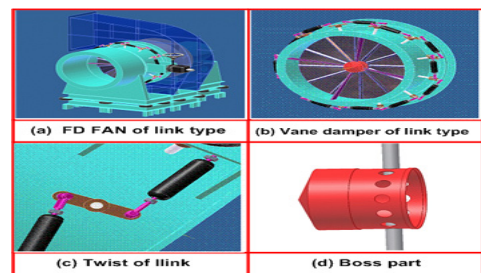
본 연구에서는 링크식을 대체한 기어식 베인 댐퍼를 개발하기 위해서, 백래쉬 발생량 최소화 및 발생하는 토크를 분석하고, 조립식에 따른 품질 및 생산성 향상을 도모하였고, 베벨기어의 강도를 증명하였고, 선박이라는 특수성을 감안하고, 선박이라는 특수성을 감안하고 사고 위험시 즉각 조치를 위한 IoT 기초연구를 위한 환경시험을 평가하였다.

2. 제작 및 성능시험

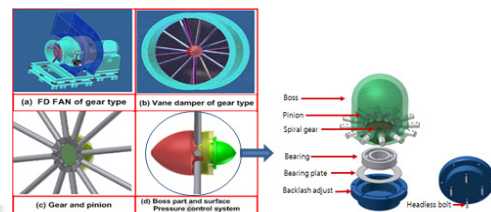
2.1 기어식 베인댐퍼 제작

Fig. 1은 FD FAN의 전체적인 형상을 나타낸 것이며, 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 링크식 베인댐퍼가 장착된 것을 알 수 있다. Fig. 1 (a)는 기존에 사용하고 있는 FD FAN의 전체적인 형상을 나타낸 것이고 Fig. 1 (b)는 링크식 베인댐퍼를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 베인 댐퍼를 제어하는 링크의 복잡한 구조로 인한 조립 불균형의 구조적인 문제점과 이로 인한 공정수가 많아짐을 그림을 통해 알 수 있으며, 링크볼의 수명 또한 1년 정도로 나타난다. Fig. 1 (c)는 Fig. 1 (b)의 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 링크들의 트위스트 구조 및 지그재그 체결로 인해 링크 축에 걸리는 전달 토크가 링크마다 골고루 분포하지 않고, 특정한 링크에 집중되는 현상으로 인해 링크 축과 링크 축 사이에서 비틀림 모멘트가 발생 될 수 있는 가능성을 나타낸 것이다.

Fig. 2는 Fig. 1과 같이 FD FAN의 전체적인 형상을 나타낸 것이며, 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 링크식에 비해서 다소 심플한 구조를 확인할 수 있다. Fig. 1(a)와 달리 링크의 복잡한 구조가 없어지고, 댐퍼 부분이 심플한 것을 알 수 있다. Fig. 2 (b)는 Fig. 1 (b)와 달리 플렌지 외관이 기존의 링크식에 비해 심플한 것을 알 수 있다. Fig. 2 (c)는 플렌지 내부의 보스에 베벨기어가 장착된 모습이다. 보스 내부에 베벨기어를 장착한 것은 링크



[Fig. 1] Link type vane damper

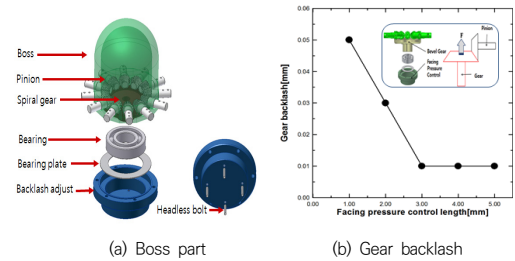


[Fig. 2] Gear type vane damper and boss part

식이던 기어식 베인댐퍼이던, 보스 부분은 어차피 베인 축을 지지하기 위해서 베인축만 끼워지는 부분이고, 이러한 보스부분을 활용할 경우 여유 공간을 활용할 수 있고, 기어의 특성상 물림율이 강해서 정확한 동력전달로 인한 토크제어가 용이할 것이기 때문이다. Fig. 2 (d)는 보스 내부에 기어와 피니언이 장착될 때 면압 조절부가 설계되어 기어와 피니언의 면압력에 따른 백래쉬 방지 및 높이 조절이 가능하도록 설계하였다. 또한 흡입 유로 저항 및 소음을 감소시키기 위하여 유체가 유입되는 방향으로 보스를 유선형으로 설계 하였다.

Fig. 3 (a)는 보스부를 나타내고 있다. 보스 내부에 피니언과 기어를 조립한 후 베어링과 베어링 판을 위치시키고 면압조절부(Backlash adjust)를 보스의 텀에 볼트로 체결하면 피니언과 기어의 거리가 최대가 된다. 이 때 회전력은 적지만 헐거움 상태가 커지게 된다. 이러한 베벨 기어의 높이를 조절하기 위해 면압 조절부에 있는 무브 볼트(Headless bolt)를 조이게 되면 베어링 하부에 있는 베어링 판(Bearing plate)을 밀어 올리면서 기어의 높이를 조절할 수 있게 설계하였다. 이러한 구조는 대량 생산과 요소들에 대한 가공과정과 정밀도에 따라서 기어의 조립상태와 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 백래쉬 조절이 가능하도록 설계하였다.

Fig. 3 (b)는 기어식 베인댐퍼에 장착된 면압조절부를 이용하여 백래쉬를 줄인 결과이다. 그래프 내부에서 보는 것과 같이 면압조절부가 하는 역할은 피니언과 기어의 접촉을 조절함으로써 기어의 백래쉬를 감소할 수 있다. 백래쉬를 감소시키는 일반적인 방법은 스프링의 힘을 이용하는 방법과 기어를 조정 및 고정하는 방법, 중심 거리를 조정 및 고정하는 방법이 있다. 본 연구에서는 기계적인 방법을 선택하였다. 이러한 방법은 스프링을 사용하는 방법과 유사하게 강제적으로 기어의 물림을 조절하는 것으로 기어의 이면 안쪽에 접촉력을 사용하는 방법과 유사하게 강제적으로 기어의 물림을 조절하는 것이다. 그래프 내부의 그림에서 보는 것과 같이 면압조절부에 볼트를 조임으로써 강제적인 힘을 가해 백래쉬를 감소시켰다. 측정 방법은 면압 조절부를 볼트로 조여서 길이를 측정하고, 백래쉬는 기어의 축을 고정시키고 피니언 축이 얼마나 회전하는지 그 사이각을 다이얼 게이지로 측정하였다. 면압조절 길이가 처음 1mm를 조였을 경우 기어의 백래쉬 값은 0.05mm이며, 3mm를 조였을 경우 백래쉬 값은 0.01mm로 나타났다. 5mm이상을 조였을 경우 기어와 피니언의 물림율이 좋아져 백래쉬는 감소하나 회전력이 좋지 않은 현상이 발견되었다.



[Fig. 3] Assembly of gear type vane damper

Table 1은 기존의 링크방식과 개발된 기어방식 댐퍼의 주요 성능을 비교한 것이다.

<Table 1> Link type VS. Gear type

Category	Shape	Replacement	Durability
Link type	complication	1 years	Short
Gear type	Simple	10 years	Long

2.2 토크 분석

Fig. 4는 FD FAN의 플렌지, 보스, 베인을 나타내는 그림이다. 베인의 개수는 총 12개이고, 베인을 지지하는 피니언 축도 베인의 개수와 동일하다. Fig. 5는 Fig. 4의 베인에 작용하는 전달 토크를 구하기 위해서 베인의 형상을 단면 1차모멘트로 하여 도심을 구하기 위한 형상을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 것과 같이 베인 댐퍼에 유체가 흡입될 경우 단면적 A_1 에 작용하는 힘은 힘의 평형에 의해 서로 상쇄되어 없어지지만 단면적 A_2 에 작용하는 힘은 사각형과 삼각형의 합으로 작용한다. 베인 댐퍼의 흡입쪽 수두는 20mmAq이므로 압력 $P=0.002\text{kgf/cm}^2$ 으로 작용한다. 따라서 베인에 작용하는 힘은 149.74N이다. 베인의 개수가 총 12개이므로 베인 1개에 작용하는 힘은 12.47N으로 나타낼 수 있다. 베인에 작용하는 토크를 구하기 위해서 Fig. 5를 참고하여 단면 1차모멘트의 A_1 과 A_2 의 도심은 식 (1)로 구할 수 있다.

$$G_x = \bar{y}_1 A_1 + \bar{y}_2 A_2 + \dots \int_A \bar{y} dA = \bar{y} A \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 A_1 + \bar{y}_2 A_2}{A_1 + A_2} = 7.9\text{cm}$$

베인 1개에 작용하는 토크는 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$T_z = F_z \times \bar{y} = 12.47 \times 0.079 = 0.98\text{Nm} \quad (2)$$

기어식 베인 댐퍼는 Fig. 6과 같이 피니언 12개중 1개가 회전하면 나머지 피니언 11개가 동시에 회전하므로 모터에 작용하는 동력은 0.495PS이다. 베인의 자중이 고려될 경우 베인 1개의 무게는 3kg이므로 베인 1개에 작용하는 토크는 식 (3)과 같다.

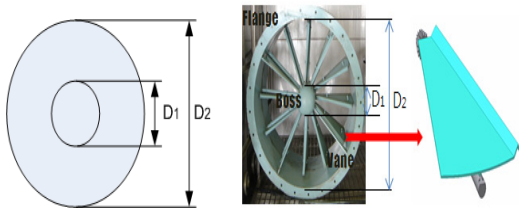
$$T_z = (F_z + W_z) \times \bar{y} \quad (3)$$

$$= (12.47 + 3) \times 0.079 = 1.22 Nm$$

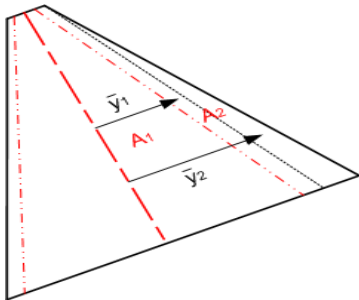
자중이 고려될 경우 베인의 갯수가 12개이므로 전체 발생되는 토크는 식 (4)로 구할 수 있다.

$$T_t = T_z \times 12 = 1.22 \times 12 = 14.64 Nm \quad (4)$$

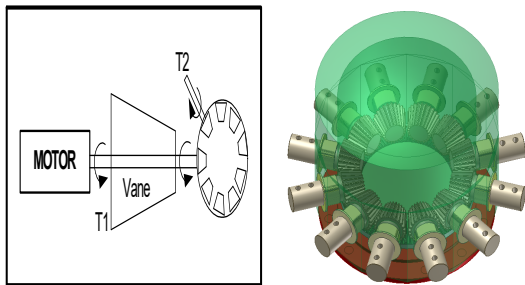
자중이 고려될 경우 동력은 0.61PS(0.45kW)로 나타낼 수 있다.



[Fig. 4] Flange, boss, vane of vane damper



[Fig. 5] Area 1'st moment of vane



[Fig. 6] Operating of gear type vane damper

2.3 베벨기어의 강도 평가

베벨 기어의 강도는 이(tooth)의 굽힘강도, 치면의 면압강도, 스코링 강도, 마모에 대한 강도 등을 들 수 있는데, 본 연구에서는 비교적 강도평가 방법이 잘 정비되어 있는 AGMA규격의 강도평가 방법을 사용하여 베벨기어의 강도 중 굽힘강도 및 면압강도를 고려하였다. Table 2는 피니언과 기어의 형상에 관한 자료이며, Table 3은 재료 SCM415에 관한 물성치를 나타낸 것이다.

<Table 2> Bevel gear data

Parameter		Pinion	Gear
Number of teeth	N	16 ea	72 ea
Speed	rpm	1	0.2
Torsional moment	N·m	11.8	52.4
Transmission ratio	i	4.5	
Angle of shaft axes	Σ [°]	90	
Transverse pressure angle	Φ [°]	20	
Module	m_{et}	1.75	
Face with	F	20 mm	
Pitch cone angle	δ	12.52	77.47
Tip diameter	D_{am} [mm]	31.37	126.75
Pitch diameter	D_m [mm]	23.66	106.47
Root diameter	D_{fm} [mm]	23.9	125.08
Cone length	C_m [mm]	62.62	12.29

<Table 3> Material properties

Material properties	SCM415 (JIS)
Tensile Strength (Ultimate) [MPa]	799.79
Tensile Strength (Yield) [MPa]	599.84
Tooth Hardness - core [HB]	237
Tooth Hardness - side [HB]	645
Allowable Bending Stress [MPa]	380
Allowable Contact Stress [MPa]	1300
Young's Modulus [GPa]	206.842
Poisson's Ratio	0.3

베벨기어의 설계수명동안에 이뿌리(tooth root)에서 굽힘응력에 의한 절손이 발생하지 않도록 AGMA 규격의 굽힘강도 평가 식을 적용 평가하였다[6].

$$S_{tP} = \frac{2T_P K_a P_a K_s K_m}{K_v F d K_x J_p} \text{ for pinion} \quad (5)$$

$$S_{IG} = \frac{2T_G K_a P_d K_s K_m}{K_v F D K_x J_p} \text{ for gear} \quad (6)$$

여기서, P_d 는 지름피치, F 는 치폭, d 및 D 는 각각 피니언과 기어의 피치원 지름, T_p, T_G 는 피니언과 기어의 작용토크, K_v 는 내부동하중 계수, K_a 는 외부동하중계수, K_s 는 치수효과 계수, K_m 는 하중분포 계수, K_x 는 곡률 계수, J_p 와 J_G 는 각각 피니언과 기어에서 굽힘강도의 형상계수를 나타낸다.

베벨 기어가 굽힘에 견딜 수 있는 사용굽힘 응력은 식 (7)로 S_{wt} 계산되며, 식에서 S_{at} 는 시험치차에서 평가된 허용굽힘 응력을 나타내고, K_L, K_T, K_R 는 각각 굽힘에 대한 수명계수, 온도계수, 신뢰도계수를 나타낸다[6].

$$S_{wt} = \frac{S_{at} K_L}{K_T K_R} \quad (7)$$

사용굽힘 응력 피니언과 기어의 S_{wt} 는 304.47 MPa, 339.77 MPa이며, S_{IP} 와 S_{IG} 는 각각 120.03 MPa, 145.48 MPa로 나타나 안전한 것으로 평가된다. 면압강도 평가식은 Hertz의 접촉응력식에 기초를 두고, 접촉면의 접촉응력은 식 (8)과 같이 계산한다[6].

$$S_c = C_p C_b \sqrt{\frac{2T_D C_a \left(\frac{T_P}{T_D}\right)^z}{C_v \left(\frac{T_D}{T_D}\right)} \frac{1}{F d^2} \frac{C_s C_m C_{xc} C_f}{I}} \quad (8)$$

여기서, C_p 는 재료의 탄성계수, C_b 는 응력조정상수, T_D 는 설계피니언 토크, z 는 하중지수, C_{xc} 는 크라우닝 계수, C_f 는 치면상태 계수, I 는 면압강도의 형상 계수, C_a, C_v, C_s, C_m 은 각각 면압강도의 외부 동하중계수, 내부 동하중계수, 치수계수, 하중분포계수를 나타낸다. 베벨기어가 피팅에 견딜 수 있는 사용접촉응력은 식 (4)로 S_{wc} 계산되며, 식에서 S_{ac} 는 시험치차에서 평가된 접촉피로한계를 나타내고, C_L, C_T, C_R, C_H 은 각각 면압에 대한 수명계수, 온도계수, 신뢰도계수, 경도비계수를 나타낸다[8].

사용접촉응력 S_{wc} 은 900.87 MPa, S_c 는 751.31 MPa 나타나 안전한 것으로 평가된다.

$$S_{wc} = \frac{S_{ac} C_L C_H}{C_T C_R} \quad (9)$$

2.4 환경시험

선박은 국내뿐만 아니라 세계 어디를 운항하고 있다. 따라서 개발된 베인댐퍼의 성능을 확인하기 환경시험을 (재)한국조선기자재연구원에서 건조고온시험, 온습도시

험, 저온시험 총 3가지에 대한 시험을 Table 4와 같은 시험규격으로 수행하였으며, Fig. 7은 환경시험 장면을 보여주고 있다.

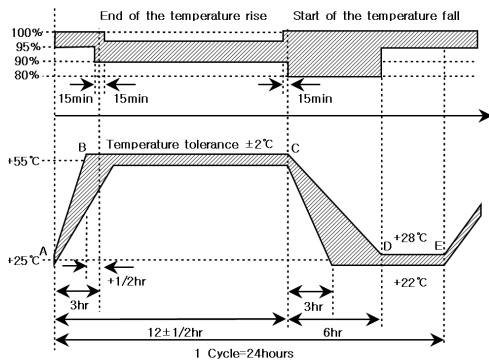
건조고온시험은 ICE 60068-2-2에 의해 시험하였고, 시험온도는 $70.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ 의 환경조건을 챔버 내에서 2시간 동안 가한 후 시험조건에서 작동상태를 확인하였다. 또한 온습도시험은 ICE 60068-2-30에 의해 시험하였으며, 시험환경은 주변온도 $25.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 이고, 습도는 $54 \pm 5\%$ RH였다. 시험온도는 3시간동안 규정온도인 $55.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ 로 도달 하였을 때 상대습도는 95% 이상으로 Fig. 8과 같은 온습도 시험 온도곡선 상태에서 시험한 후 작동상태를 확인하였다. 마지막으로 저온시험은 ICE 60068-2-1에 의해 시험하였으며, 시험환경은 온습도시험 주변 환경과 동일하다. 이 시험은 Fig. 9와 같은 저온시험 온도곡선에 따라 환경을 조성한 후 작동상태를 확인하는 것으로 3가지 환경시험 결과 (재)한국조선기자재연구원으로부터 적합 판정을 받았다.



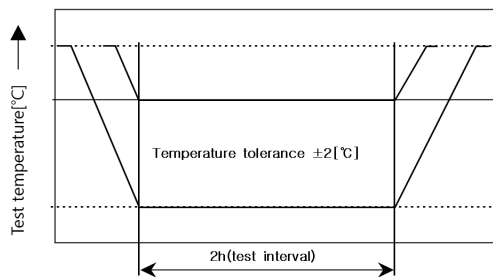
[Fig. 7] Environmental test apparatus for vane damper

<Table 4> Environment testing codes

Item	Test Code
Dry Heat	ICE 60068-2-2, 1994, Basic Environment Testing Procedure Dry Heat
Damper Heat	ICE 60068-2-30, 2005, Environmental Testing-Damp Heat, Cycle(12h+12h Cycle)
Cold	ICE 60068-2-1, 1994, Environmental Testing-Cold



[Fig. 8] Temperature profile of damp and heating test



[Fig. 9] Temperature profile of cold test

3. 결론

본 연구에서는 링크식을 대체한 기어식 베인 댐퍼를 개발하기 위해서, 백래쉬 발생량 최소화 및 발생하는 토크를 분석하고, 조립식에 따른 품질 및 생산성 향상을 도모하였고, 베벨기어의 강도를 증명하였고, 선박이라는 특수성을 감안하여 IoT 기초 연구를 위한 환경시험을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

FD FAN의 베인 댐퍼에 발생하는 전체 토크는 11.83Nm이고, 모터의 동력은 0.496PS로 나타났으며, 베인의 자중이 고려될 경우 전체토크는 14.64m이고, 동력은 0.61PS인 것을 알 수 있었다.

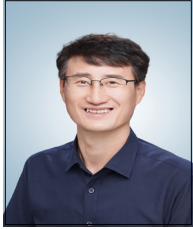
면압조절 길이를 조절함으로 기어식 베인 댐퍼의 백래쉬를 방지하였고, 5mm이상을 조였을 경우 기어와 피니언의 물림율이 좋아져 백래쉬는 감소하나 회전력이 좋지 않은 현상이 발견되었다.

베인 댐퍼의 보스부와 베인을 개발하고 환경시험을 통하여 작동상태를 확인한 결과 고온건조시험, 온습도시험, 저온시험 결과 정상적인 작동이 이루어져 활용성이 높은 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] S. C. Jang., "Basic Study on 250KW-Class IoT Electric Heater for Ship Fuel Heating", KIOTS, Vol. 7. No. 3, pp.63-68, 2021.
- [2] S. C. Jang., "Basic Study on the IoT Micro Boiler", KIOTS, Vol. 8. No. 1, pp.23-29, 2022
- [3] S. C. Jang., S. M. Han, C. K. Lee, & H. C. Jung, "FSI Analysis of Pneumatic Actuator", KSPSE Spring Conference, pp.81-83, 2016.
- [4] F. Mente and T. Esch, "Elements of Industrial Heat Transfer Predictions," 16th Bazilian Congress of Mechanical Engineering (COBEM), Uberlandia, Brazil, 2001.
- [5] D. C. Wilcox, "Turbulence modeling for CFD, DCW industries", Inc. La Canada, CA, 1993.
- [6] B. E. Launder, and D. B. Spalding., "The Numerical Computational of Turbulence Flows", Computational methods in applied mechanics and engineering, Vol.3, pp.269-289, 1972.
- [7] S. H. Lee, A. E. Kwak, S. H. Lee, T .K. Kim, "ndoor autonomous driving system based on Internet of Things," Journal of the Korean Internet of Things Society, Vol.10, No.2, pp.69-75, 2024.
- [8] J. H. Moon, B. Peng, J. H. Kwon, T. K. Kim, "Implementation of Smart Umbrella Stand Based on IoT," Journal of Internet of Things and Convergence, Vol.9, No.1, pp.57-64, 2023.
- [9] T. K. Kim, "Self-powered wireless bus information and disaster information system based on Internet of Things (IoT)," Journal of Internet of Things and Convergence, Vol.8, No.1, pp.17-22, 2022.
- [10] S. C. Jang., H. D. Cho and N. K. Kim, "Development of Gear Type Vane Damper Change Link Type in FD Fan," KSMTE, Vol. 13, No. 1, pp.104~109, 2000.
- [11] S. C. Jang, S. H. Han and J. W. Kim, "A Study on Performance Improvement of Gear Type Vane Damper in FD Fan(Productivity Increases & Construction Improvement)" KSMTE J. Vol. 19, No.1, pp.134~139, 2010.
- [12] P. M., Schaber, J. Colson, S. Higgins, E. Dietz, D. Thielen, B. Anspacj and J. Brauer, "Study of the urea thermal decomposition(pyrolysis) reaction and importance to cyanuric acid production", Am. Lab., 13-21, 1999.
- [13] P. J. Witt, C. G. Solnordal, L. J. Mittoni, S. Finn, J. Pluta, "Optimising the Design of Fume Extraction Hoods Using a Combination of Engineering and CFD Modelling", Applied Mathematical Modelling, Vol. 30, No.11, pp.1167-1179, 2006.
- [14] C. H. Kim, H. S. Ahn and T. H. Chong, "On a Method for the Durability Enhancement of Plastic Spur Gear Using Finite Element Analysis", Transactions of the KSME A, Vol. 27, No. 2, pp.223-230, 2006.
- [15] KS, Testing Methods for Industrial Fans, KSB 6311, KSSN, Korea, 2006. REFERENCES

장 성 철(Sung-Cheol Jang) [정회원]



- 2004년 2월 : 경남대학교 대학원 기계공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 2009년 7월 : 삼원중공업(주) 기술연구소 연구 소장/상무이사
- 2015년 1월 ~ 현재 : 한국폴리텍 VIII대학 부산캠퍼스 기계시스템과, 교수

〈관심분야〉

사물인터넷, A-IoT 설비보전, 공유압자동화회로설계, 조선 해양플랜트,

권 민 수(Min-Soo Kwon) [정회원]



- 2014년 2월 : 한국교통대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2005년 1월 ~ 2020년 1월 : 한국폴리텍4대학 충주캠퍼스 교학처장
- 2020년 1월 ~ 현재 : 한국폴리텍 III대학 원주캠퍼스 의료공학과, 교수

〈관심분야〉

인공지능, 사물인터넷, 의료기기, 미세먼저저감