

석탄 화력발전소 송풍기 맥동감시장치 운전을 위한 제어로직 개발

노용기^{1*}, 조현섭², 장성환³

Development of Control Logic for Operation of Fan Stall Warning Equipment Used in Coal-Thermal Power Plant

Yong-Gi Roh^{1*}, Hyun-Seob Cho² and Seong-Whan Jang³

요약 본 논문에서는 석탄 화력발전소(500[MW]) 보일러의 통풍계통에 적용되는 축류형 송풍기가 정상 운전 중 맥동과 같은 특수한 현상이 발생하게 되어 비정상적으로 운전함으로써 날개를 파손시키게 된다. 이러한 비정상 운전을 방지하기 위해 기존의 맥동 감시 장치에 본 연구에서 제안하는 제어 로직을 적용한 시스템에 대해 현장 실험을 통한 신뢰성 평가를 하였다.

Abstract In this paper, axial flow fans which applied at coal-thermal power plant(500[MW]) cause a unique phenomenon called "Stall" under normal operation and this causes abnormal operation and damages the blades. In order to prevent these abnormal operation, this study estimates the reliability of new system which is applying control logic on each parameter with existing black-box-type by field test.

Key words : 축류형 송풍기, 맥동, 제어로직, 맥동 감시 장치

1. 서론

오늘날 모든 산업 활동의 근간이 되는 전력 산업은 국가의 기간산업으로서 중요한 역할을 담당하고 있으며 그 중 우리나라 발전량의 약 57.7[%]를 담당하고 있는 것은 화력발전이다.

화력발전의 주요 설비 중 화석 연료를 조금 더 효과적으로 산화시켜 발전 효율을 높이기 위해 산화 과정 중에 공기를 공급하는 공급기로서 축류형 송풍기를 이용하고 있다. 이러한 축류형 송풍기의 성능을 향상시키기 위해 설계단계에서 수치 계산을 도입하여 유동량을 정확히 예측하고, 그 결과로부터 각각의 요소들이 축류형 송풍기에 미치는 영향을 분석하는 연구가 진행되고 있다[1-5]. 또한 통풍 계통의 송풍기는 경제적인 양질의 전력 생산을 위하여 운전 안정 조건의 설정과 더불어 발전소의 감시 제어 시스템 및 발전소의 자동화 운용 기술 개발이 매우 중요한 과제로 대두되면서 복수 단위 종합 자동화 방식

이 개발되어 적용되기 시작했으며, 전문가 시스템, 예측 감시제어, 퍼지 감시제어 등의 운용을 연구하고 있다.

특히 화력발전소에서는 축류형 송풍기와 이를 제어하는 분산제어시스템을 이용하고 있으며 맥동 현상이 발생할 경우를 대비하여 맥동 감시 장치가 설치되어 있으나, 계측기의 빈번한 고장으로 정상 운전 중 송풍기의 불시 정지를 초래하므로 발전소 현장에서는 오동작을 방지하기 위하여 송풍기 맥동 보호기능을 정지하고 운전하는 실정이다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 기존의 블랙박스형 맥동 경보 장치에 각 변수에 따른 로직 회로를 개발·삽입하여 송풍기의 작동에 따른 현상을 분석하였다. 이를 바탕으로 부하측에 압력측정용 전송기를 추가하여 송풍기의 운전상태를 감시할 수 있도록 하였다. 부하측 시험을 통하여 맥동 발생시 경보 발령 및 풍량 자동조정 기능에 대해 분석하였으며, 개발한 제어로직 회로 시스템에 대해 신뢰성을 입증하였다.

2. 제어로직 개발

2.1 시스템 구성도

그림 1의 (a)에 나타나듯이 기존 송풍기 맥동 경보 감

¹전북인력개발원 일렉트로닉스공과

²청운대학교학교 디지털방송공학과

³원광대학교 전기공학과

*교신저자 : 노용기 (ygroh@korcham.or.kr)

시 장치는 판넬 형식으로 압력을 측정하는 검출부와 검출부의 신호를 받아 맥동 공식에 따라 산술 연산하여 풍량과 풍압 운전범위 한계를 모듈에서 계산하여 그 결과를 다시 출력부에 보내어 디지털 분산제어 설비로 전송하는 형태로 구성되어 있다. 그러나 그림 1의 (b)는 새로 개발된 로직 회로 시스템을 적용한 개발 구성도로 검출, 연산, 출력하던 기존 시스템의 개념에서 압력 및 온도를 검출하는 변환기를 부하측에 설치하고 변환기에서 발생한 전기적인 신호를 표찰 데이터 관련 'TAGBUILER SOFTWARE'를 이용하여 분산제어 설비로 전송한다. 분산제어 설비에서 로직 회로 시스템으로 연산하는 방식으로 전환하였다. 여기서 P_1 은 송풍기 입구측 압력, P_{1-2} 는 송풍기 입구측과 흡입측 압력 차, P_{1-3} 는 송풍기 입구측과 출구측 압력 차, T 는 입구측 온도로 정의한다.

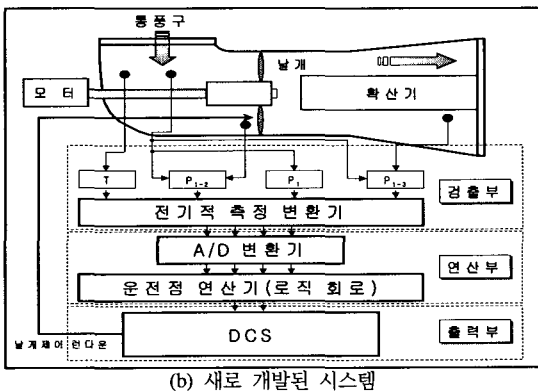
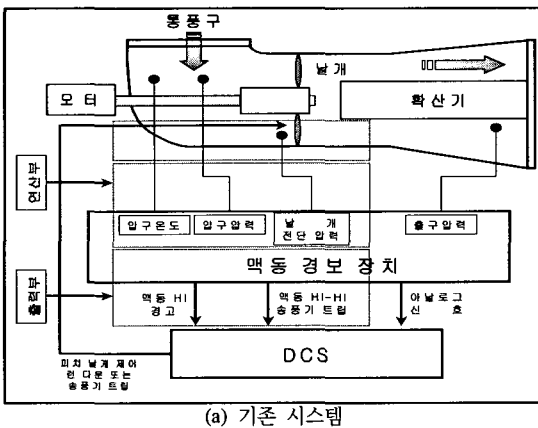


그림 1. 시스템 구성도

2.2 송풍기 운전점 계산

2.2.1 기체의 상태식

보일-샤를(Boyle-Charles)의 법칙에 따른 이상기체 상태방정식은 식 (1)과 같다.

$$PV = mRT \quad (1)$$

여기서 $P[kPa]$ 는 압력, $m[kg]$ 은 기체의 질량, $R[Nm/kg \cdot K]$ 은 기체상수 또는 가스정수, $V[m^3/s]$ 는 체적, $T[K]$ 는 절대온도이다.

단위질량의 기체에 대하여는 비 체적 $v = V/m$ 이므로

$$Pv = RT \quad \text{또는} \quad \rho = \frac{P}{RT} \quad (2)$$

로 표시되며, 밀도 $\rho = \frac{1}{v}$ 이다.

2.2.2 변수정의

풍량 및 풍압 공식을 유도하기 위해서 식 (3), 식 (4), 식 (5)와 같이 각 부의 압력을 절대 압력으로 환산한다.

$$P_{1|abs} = P_1 + P \quad (3)$$

$$P_{2|abs} = P_2 + P \quad (4)$$

$$P_{3|abs} = P_3 + P \quad (5)$$

여기서 P 는 대기압[mbar], P_1 은 송풍기 입구측 압력[mbar], P_2 는 송풍기 흡입측 압력[mbar], P_3 는 송풍기 출구측 압력[mbar], $|abs|$ 는 절대압력[mbar]을 의미한다.

식 (3), 식 (4), 식 (5)는 각 부 압력의 공식을 유도하기 위하여 절대압력으로 환산한 식이며 이를 다시 공식에 직접 적용하기 위하여 식 (6), (7)과 같이 차압으로 변환시킨다.

$$P_{1-2} = P_{1|abs} - P_{2|abs} \quad (6)$$

$$P_{1-3} = P_{1|abs} - P_{3|abs} \quad (7)$$

유량계수는 송풍기 입구 측에서 흡입 측까지 면적이 좁아지므로 유량 환산시 조정하기 위한 값으로 식 (8)과 같다.

$$\alpha\beta = 0.99 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (8)$$

A_1 : 송풍기 입구측 덕트면적[m²]

A_2 : 송풍기 흡입측 덕트면적[m²]

가스정수는 기체에 함유된 각종 기체의 함유율을 환산하여 적용하나 일반적으로 대기와 보일러 연소가스의 분석된 값을 이용한다.

$$R(amb) = 287 [Nm/kg \cdot K] \quad (9)$$

$$R(gas) = 282 [Nm/kg \cdot K] \quad (10)$$

여기서, $R(amb)$ 은 대기중의 가스정수, $R(gas)$ 는 배기 가스의 가스정수를 나타낸다.

2.2.3 비중량 계산

비중량은 밀폐된 공간내의 압력과 온도에 따라 달라지므로 풍량과 풍압을 산출하는데 중요한 변수로 작용한다.

식 (11), 식 (12)에서 분자의 100은 압력을 [mbar]에서 [kPa]로 변환시키기 위한 값이며, 분모의 273.15는 온도 $t[^\circ C]$ 를 절대온도로 환산하기 위한 상수이다.

$$\rho_1 = \frac{100P_1}{R(t+273.15)} [kg/m^3] \quad (11)$$

$$\rho_2 = \frac{100(P_1 - P_{1-2})}{R(t+273.15)} [kg/m^3] \quad (12)$$

2.2.4 풍량과 풍압의 계산

풍량은 송풍기 입구 및 흡입측 차압에 비중량을 곱한 후 루트 한 결과에 흡입측 단면적과 유량계수를 곱하여 얻는다.

따라서 유량 q 는

$$q = \alpha \beta A_2 \sqrt{200\rho_2(P_{1-2})} [kg/s] \quad (13)$$

로 나타내며, 풍량 V 는 송풍기 입구측 유량에 비중량을 나누어서 계산하고, 식 (14)와 같이 나타내며 이 값은 송풍기에 흐르는 실제 풍량을 나타낸다.

$$V = \frac{q}{\rho_1} [m^3/s] \quad (14)$$

풍압 Y 는 송풍기가 한 일을 값으로 나타낸 것으로 식 (15)와 같이 나타낸다.

$$Y = 10.2(P_{1-3}) \left(\frac{9.81}{\rho_1} \right) [Nm/kg] \quad (15)$$

2.3 각 변수 제어로직 작성

부하측 압력과 온도의 전기적인 신호를 식 (1)에서 식 (14)를 대입하여 로직을 개발하였다.

2.3.1 절대압력 및 차압환산

그림 2는 식 (3)에서 식 (7)을 적용한 로직 회로도로서 각각의 압력을 절대압력으로 환산한 후 P1과 P2의 차압인 P1-2와 P1과 P3의 차압인 P1-3으로 변환시키는 절대압력 및 차압변환 로직이다.

2.3.2 송풍기 입구측 비중량

식 (11)에 따라 송풍기 입구측 비중량 $\rho_1 [kg/m^3]$ 은 송풍기 입구측 절대압에 온도 및 가스정수를 조정하여 산출하고, 그림 3은 입구측 비중량 산출 로직을 나타냈다.

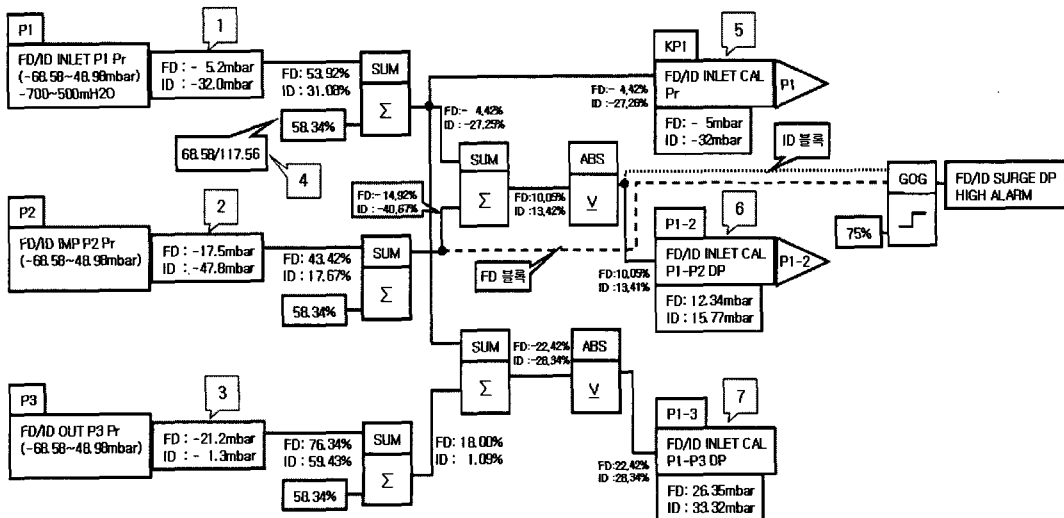


그림 2. 절대압력 및 차압변환 로직

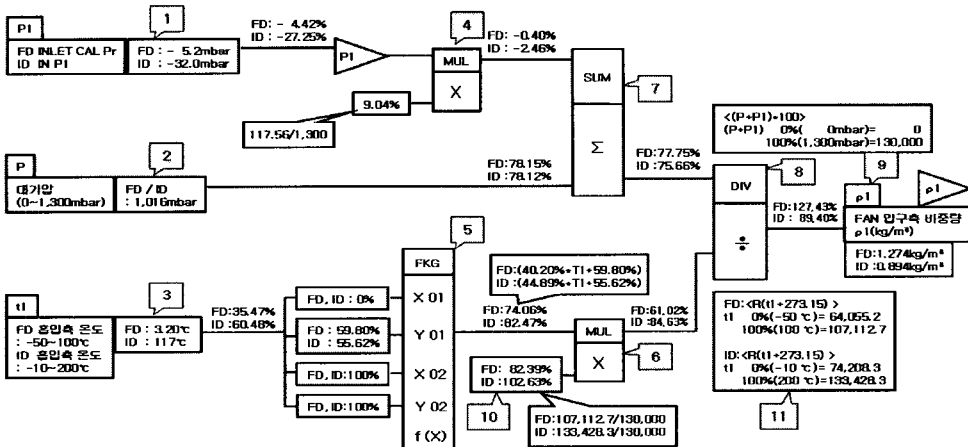


그림 3. 송풍기 입구측 비중량 산출 로직

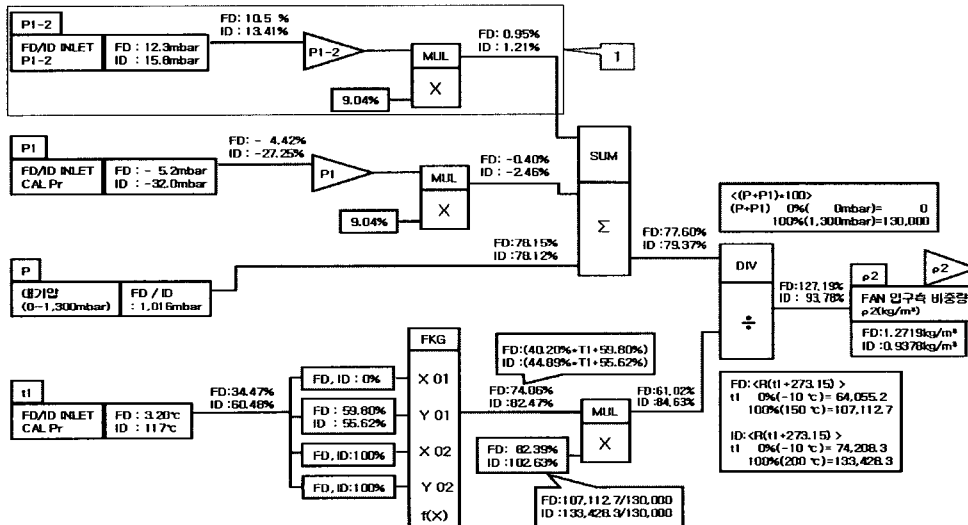


그림 4. 송풍기 흡입측 비중량 산출 로직

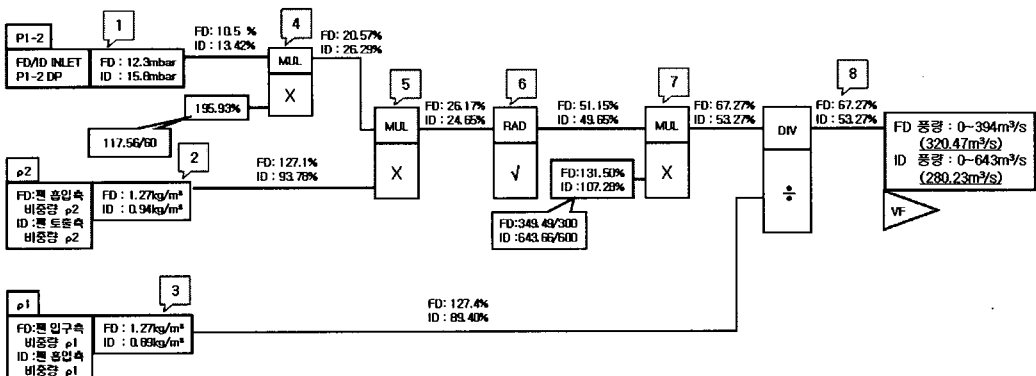


그림 5. 송풍기 풍량 산출 로직

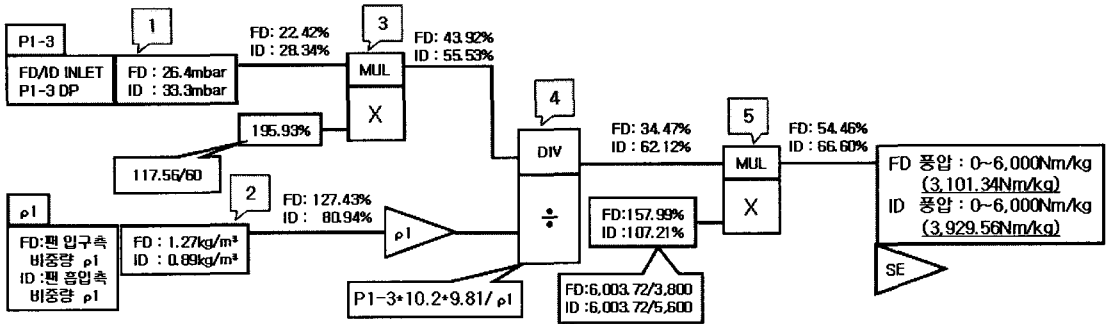


그림 6. 송풍기 풍압 산출 로직

2.3.3 송풍기 흡입측 비중량

식 (12)에 따라 송풍기 흡입측 비중량 $\rho_2 [kg/m^3]$ 는 입구측 비중계산 방법과 같았으나, 그림 3과 비교하여 사각 번호 1을 추가한 부분만 다르다.

2.3.4 송풍기 풍량

식 (13)과 (14)에 따라 풍량 $V[m^3/s]$ 는 송풍기 입구측과 흡입측 차압에 대한 유량계수($\alpha\beta$)와 입구측 및 흡입측 비중량을 대입하여 산출하며, 그림 5는 송풍기 풍량 산출 로직을 나타내었다.

2.3.5 송풍기의 풍압

풍압은 식 (15)와 같이 송풍기가 실제 한 일을 나타내며, 송풍기 입구측과 출구측 차압에 대하여 입구측 비중량을 조정해서 산출하며, 그림 6은 송풍기 풍압 산출 로직을 나타내었다.

2.3.6 맥동 경보 및 송풍기 경보 제어로직

송풍기가 운전 한계점을 초과하면 과부하로 운전하면서 한계점을 지나치게 초과하거나 지속적으로 운전할 경우 송풍기 날개가 기계적 피로 현상으로 파괴된다. 따라서 운전 한계점을 1, 2차로 구분하고 송풍기 1차 운전 한계점을 초과하면 경보를 발생시켜 운전에 주의를 환기시

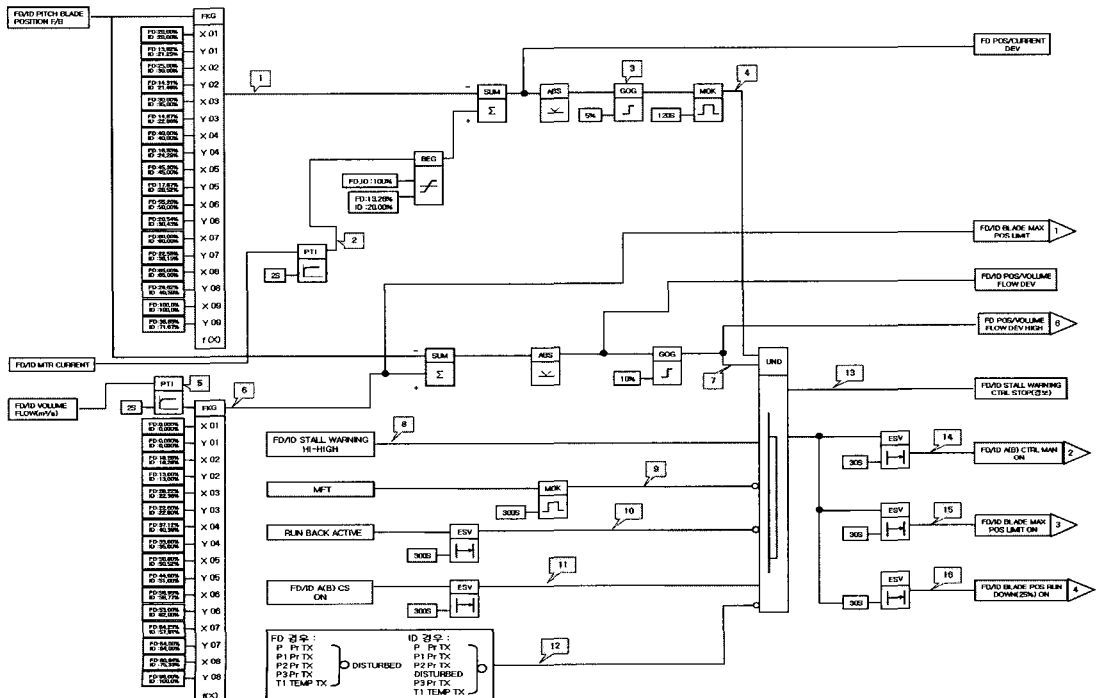


그림 7. 송풍기 맥동 부하 런다운 로직

키거나 부하를 감소시킨 후 원인을 파악하고 재발장지에 노력해야 한다.

즉, 맥동이 발생하면 풍량은 불안정한 상태에서 감소하고, 풍압은 증가하여 풍량 대비 날개 위치가 과다하게 열리므로 날개에 충격을 최소화하기 위하여 날개 위치를 안정 영역으로 감소시켜 최소부하인 25[%]까지 날개 위치를 강제적으로 낮추는 동작을 하도록 설계한 로직은 그림 7에 나타내었다.

3. 개발한 제어로직을 이용한 시스템 시험

3.1 시험 개요

국내 표준 석탄 화력발전소에 설치하여 운영 중인 맥동 시스템의 문제점을 개선·보완하기 위하여 각 변수에 따른 로직 회로를 개발하였다. 개발된 제어로직 회로시스템을 기존 맥동시스템에 추가하여 개발한 제어로직 회로시스템의 신뢰성을 확인하기 위하여 T 화력발전소에서 적용 시험을 실시하였다.

3.2 시험 방법

각 변수에 대한 로직 회로 시스템 개발 후 기존 맥동 시스템 설비에 추가하여 송풍기를 직접 운전하기 때문에 시험 중 발생 할 수 있는 설비의 사고 요인을 사전에 제거하였으며, 또한 발전소에서 양질의 전력을 생산할 수 있도록 송풍기 안전운전에 초점을 맞추어 시험하는 것을 기본으로 하였다.

시험은 각각 FD 송풍기 A와 B, ID 송풍기 A와 B를 대상으로 하였으며, FD 송풍기와 ID 송풍기의 댐퍼를 수동 작동상태로 전환하여 인위적으로 댐퍼를 서서히 폐로 상태로 전환하면서 맥동 현상의 유무를 관찰하였다.

개발한 제어로직 회로 시스템을 추가한 전체적인 시스템 회로도에는 그림 8에 나타내었다. 대기압 전송기(P), 입구측 압력 전송기(P₁), 흡입측 압력 전송기(P₂), 출구측 압력 전송기(P₃)와 흡입측 온도 전송기(T)로 이루어진 검출부의 전송기가 추가되었고, 검출부의 전송기로부터 전송되어지는 각 변수에 대한 입력과 연산을 위해 개발한 제어로직 회로 시스템을 추가하였다.

4. 시험 결과 및 고찰

시험을 위해 보일러를 정지하고 통풍계통만 운전하면서 FD 송풍기의 날개 개도를 40[%]에서 자동운전으로

설정하고 송풍기 출구에 위치한 댐퍼를 단계적으로 닫았다. 시험중 댐퍼개도 20[%]정도에서 맥동의 발생 결과를 취득하였고, ID 송풍기 역시 FD 송풍기와 유사한 방법으로 시험을 실시하였다.

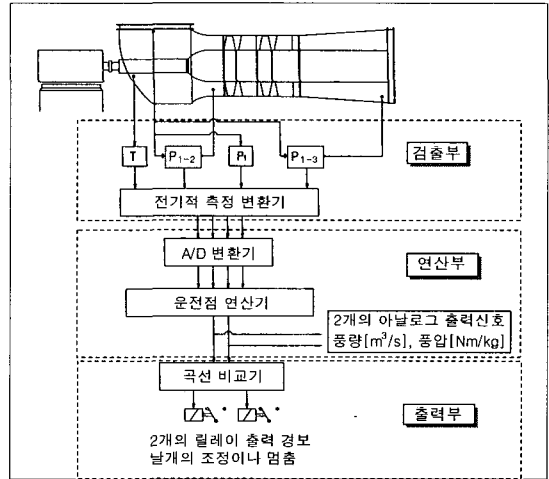


그림 8. 부하측 시험 시스템 회로도

4.1 제어로직 회로에 의한 FD 송풍기의 운전 상태

그림 10은 개발한 제어로직 회로를 적용한 시스템과 기존 시스템의 평소 운전점 위치를 비교하여 나타내었다. 점(◆)와 점(▲)은 개발한 제어로직 회로 시스템의 운전점을 점(●)와 점(+)은 기존 시스템의 운전점을 나타내는데 운전점의 위치가 유사한 것으로 확인할 수 있다.

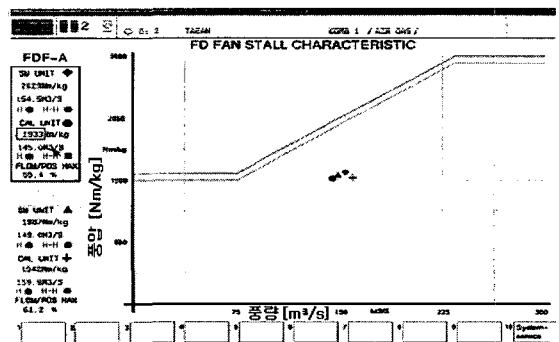


그림 10. FD 송풍기 운전점의 위치 비교

부하측 시험을 위하여 보일러 정지 중 맥동을 발생시킬 목적으로 송풍기의 출구 댐퍼를 인위적으로 조작하였으며, FD 송풍기 날개 개도 40[%]에서 자동운전 중 송풍기 출구 댐퍼를 단계적으로 닫았을 때 운전 상태는 그림 11에 나타내었다. 그림 11의 ①은 FD 송풍기 출구 댐퍼

개도 20[%]에서 시험 중 맥동이 발생하였을 때 FD 송풍기 풍압의 변화 곡선이며 풍압이 매우 불안정한 현상을 보이고 있다. ②는 FD 송풍기 풍량으로서 풍압에 비하여 변화는 작지만 맥동이 발생할 때 마다 불안정한 모습을 보이고 있다. ③은 전동기 전류로 FD 송풍기 B(점선)보다 A가 변동되는 것을 볼 수 있는데 맥동 발생정도가 크지 않아 변동 폭 역시 크지 않음을 볼 수 있다.

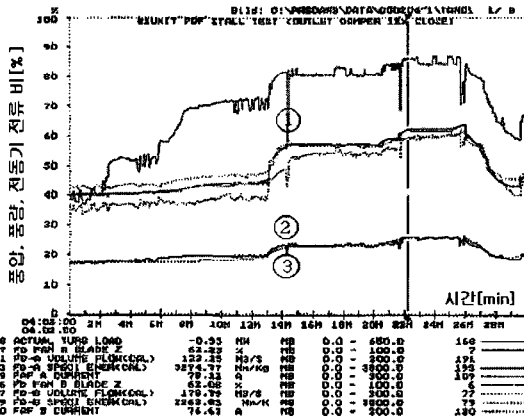


그림 11. 제어로직 회로 시스템을 적용한 FD 송풍기 맥동 시험 곡선

그림 12는 개발한 제어로직 회로시스템을 부하측에 적용하여 각각의 운전변수에 대한 운전상황을 나타내었다. 송풍기 날개 위치는 송풍기 A와 B의 편차가 발생하지 않았으며, 출구 댐퍼를 30[%]까지 닫았을 때 날개 위치와 전동기 전류는 큰 변동이 없이 완만하게 변화되었고, 30[%]에서 20[%]로 조작할 때 변화가 많았지만 FD 송풍기 A와 FD 송풍기 B의 차이는 발생하지 않았다.

풍량은 FD 송풍기 A의 출구 댐퍼를 조작할 때부터 FD 송풍기 A와 B의 편차가 발생하기 시작하여 역시 30[%]에서 20[%]로 조작할 때 변동이 가장 크게 나타났다. 또한 송풍기 A의 위치 증가에 비하여 풍량의 증가는 제한적이었으나 송풍기 B는 위치 증가시 송풍기 A가 감당해야 할 풍량까지 감당함으로써 훨씬 많은 양의 유량이 통과되는 것을 알 수 있다. 풍압은 송풍기의 출구 댐퍼를 닫음으로서 입구에서 흡입된 공기가 토출될 곳 없이 출구에 집중되므로 증가되는 것을 알 수 있었다. 반면에 송풍기 B는 위치 개도와 전동기 전류, 풍량과 같은 유형으로 30[%]에서 20[%]로 조작할 때 변화가 일어나는 모습과 유사하다.

운전 변수에 대한 운전 상황을 종합적으로 볼 때 맥동 현상은 출구 댐퍼가 20[%]일때 나타나고 있으며, 이러한 현상은 그림 11의 맥동 시험 곡선에서도 확인할 수 있다.

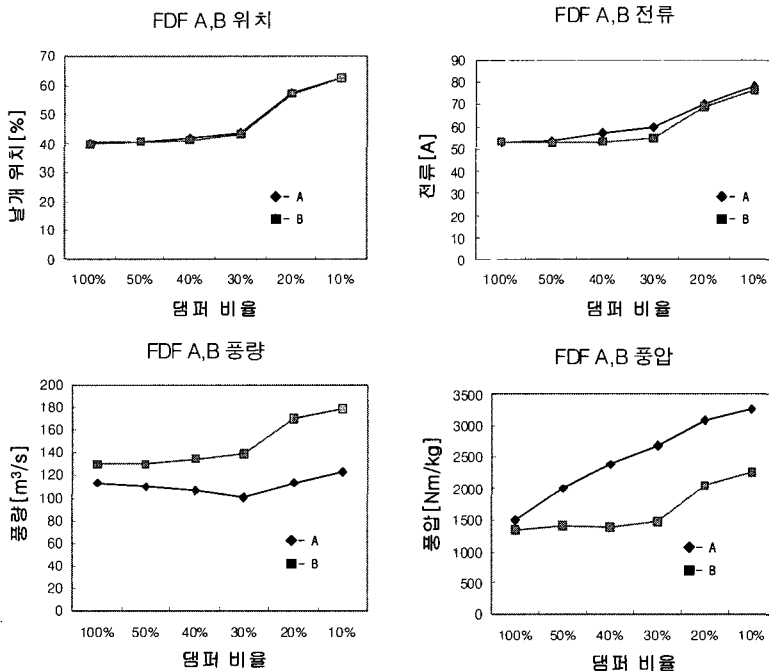


그림 12. FD 송풍기의 댐퍼 개도에 따른 운전 곡선

이러한 결과를 종합적으로 고찰해 보면 맥동이 발생했을 경우 즉시 송풍기의 부하를 감소시켜야 하고, 이러한 기능을 감당하기 위하여 맥동 부하 런다운 로직 회로 시스템을 설계하여 추가하였는데, 그림 13은 맥동이 발생하였을 때 런다운 로직 회로가 작동하여 송풍기가 안정 영역에서 운전될 수 있도록 날개가 자동으로 런다운 되는지 시험한 결과이다.

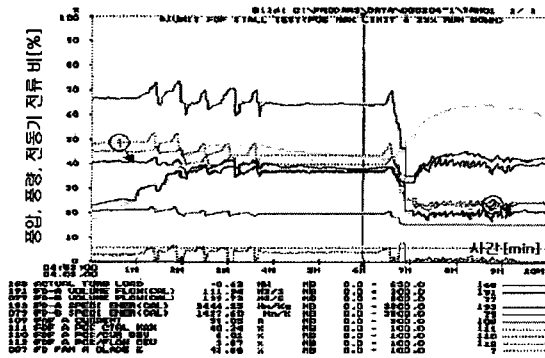


그림 13. FD 송풍기 위치 런다운 시험

시험 당시 날개 위치 런다운 발생 후 그림 13의 ①과 같이 맥동 경계선 내에 진입 후 맥동이 곧바로 해소되자 다시 맥동이 발생한 사례가 반복되었다. 즉, 한번 맥동이 발생하면 날개 위치를 25[%]까지 강제로 감소시키고 이후에는 운전원이 개입하여 맥동을 해제하도록 하였다. 수정결과 그림 13의 ②에서와 같이 맥동 발생 후 25[%]까지 런다운 되는 것을 볼 수 있다.

이러한 맥동 발생 당시 운전점으로 살펴보면 그림 14와 같다. 여기서 점(◆)과 점(▲)은 개발한 제어로직 회로 시스템의 운전점이고, 점(●)와 점(+)은 기존 시스템의 운전점을 나타내며, FD 송풍기 A의 운전점은 맥동 2차 운전 한계점을 넘어서 운전되고 있고, FD 송풍기 B의 운전점은 맥동 1차 운전 한계점 아래에서 운전되고 있는 것을 알 수 있다.

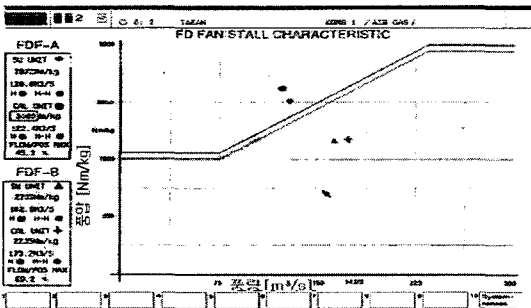


그림 14. FD 송풍기 맥동 발생시 운전 특성곡선

기존 시스템과 비교하여 보면 새로 개발한 제어로직 시스템의 운전점이 2차 운전 한계점과 가까이 운전 되고 있는 현상을 나타냈으며 이러한 결과를 볼 때 기존 시스템 보다는 맥동 제어에 효과적으로 운용되는 것으로 확인하였다.

4.2 제어로직 회로에 의한 ID 송풍기의 운전 상태

그림 15는 본 연구에서 개발한 제어로직 회로를 추가한 시스템과 기존 시스템의 평소 운전점 위치에 대하여 비교하여 나타내었다. 점(◆)과 점(▲)은 새로 개발한 제어로직 회로 시스템의 운전점을 점(●)와 점(+)은 기존 시스템의 운전점을 나타내는데 기존 시스템과 비교하여 보면 운전점의 위치가 유사한 것으로 확인할 수 있다.

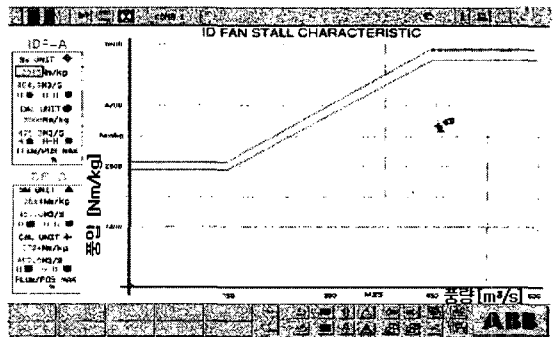


그림 15. ID 송풍기 운전 점의 위치 비교

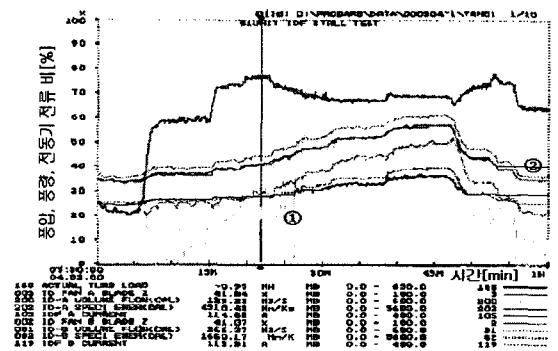


그림 16. 제어로직 회로 시스템을 이용한 ID 송풍기 맥동 시험 곡선

이러한 결과를 봤을 때 ID 송풍기도 FD 송풍기와 마찬가지로 평소 운전 상태에서는 개발한 제어로직 회로를 추가한 시스템이 기존 시스템을 충분히 대체할 수 있다는 것을 나타내었다.

부하 시험을 위하여 보일러 정지 중 맥동을 발생시킬

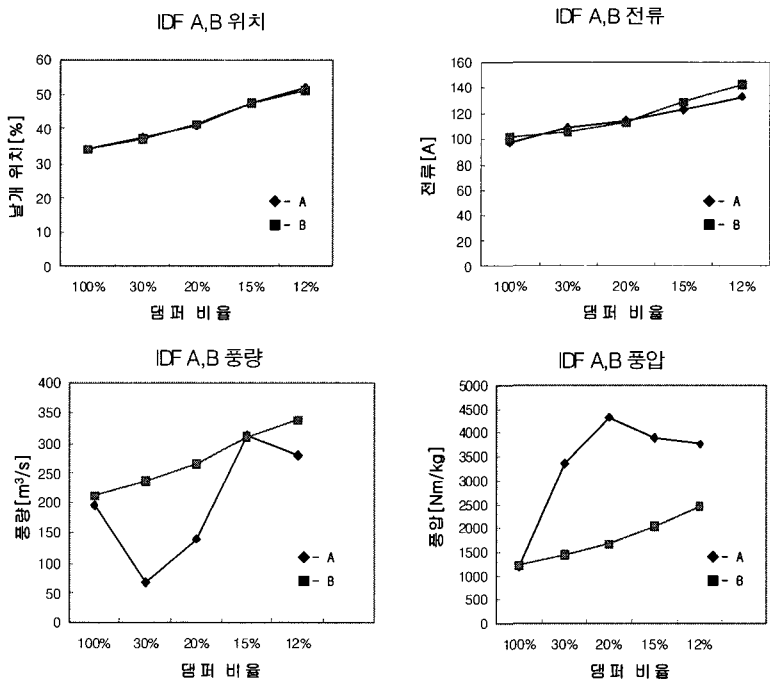


그림 17. ID 송풍기의 댐퍼 개도에 따른 운전 곡선

목적으로 송풍기의 댐퍼를 단계적으로 닫았을 때 그림 16에서 나타나듯이 ID 송풍기의 경우도 FD 송풍기와 유사한 결과를 나타내고 있다. FD 송풍기와 크게 다른 점은 우선 시험 조작한 댐퍼가 송풍기의 입구측이며, 풍압의 상승은 유사하나 ID A 송풍기 풍량 ①은 변동이 매우 심한 것을 볼 수 있다. ID 송풍기 B 풍량 ②는 변동이 거의 없는 것으로 나타나는데 이는 입구를 조여 공기 부족에 의한 현상으로 판단된다.

그림 17은 개발한 제어로직 회로 시스템을 부하에 적용하여 ID 송풍기의 입구 댐퍼를 100[%]에서 12[%]까지 단계적으로 닫았을 때의 각각의 운전 변수에 대한 운전 상황을 나타내었다. 송풍기 날개 위치는 FD 송풍기와 같이 ID 송풍기 A와 B의 편차는 발생하지 않았고, 날개의 위치와 전동기 전류는 댐퍼개도 20[%]에서 거의 직선에 가깝게 운전되고 있는 것으로 나타났다.

풍량은 ID 송풍기 A는 입구 댐퍼 30[%]부터 크게 변하기 시작하였지만 그 이후로는 정상을 회복하는 모습을 보이고 있다. 풍압은 정상적으로 운전하고 있는 ID 송풍기 B에 비해 ID 송풍기 A는 매우 큰 편차가 발생되면서 풍량과 비례하지 않는 모습을 나타내었다. FD 송풍기에 비해서 ID 송풍기의 풍압과 풍량은 훨씬 큰 차이가 발생하였는데, 이것은 ID 송풍기가 FD 송풍기 보다 송풍기 용량이 크기 때문에 나타난 현상으로 분석된다.

이러한 맥동 발생 당시 운전점을 살펴보면 그림 18와 같다. 여기서 점(◆)와 점(▲)은 새로 개발한 제어로직 회로 시스템의 운전점이고, 점(●)와 점(+)은 기존 시스템의 운전점을 나타내며, ID 송풍기 A의 운전점은 맥동 2차 운전 한계점을 넘어서 운전되고 있고, ID 송풍기 B의 운전점은 맥동 1차 운전 한계점 아래에서 운전되고 있는 것을 알 수 있다. 기존 시스템과 비교하여 보면 새로 개발한 제어로직 회로 시스템이 2차 운전 한계점과 가까이 운전되고 있는 현상을 나타냈으며 이러한 결과를 볼 때 ID 송풍기에서도 FD 송풍기와 마찬가지로 기존 시스템 보다는 맥동의 제어에 효과적으로 운용되는 것을 확인할 수 있었다.

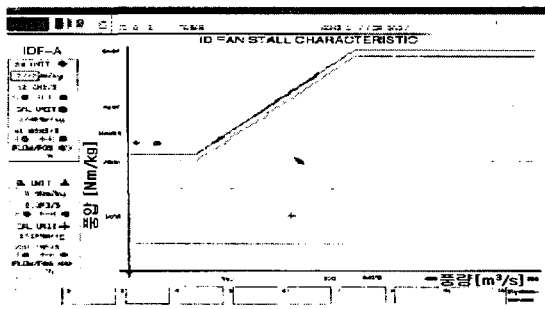


그림 18. ID 송풍기 맥동 발생시 특성곡선

5. 결론

본 논문에서는 각 변수에 따른 로직제어 회로를 구성하여 보일러를 정지하고 통풍계통만을 운전하여 맥동 발생시 경보 발생과 풍량 자동조절 기능에 대한 신뢰성 시험을 T 화력발전소에서 실시한 결과 다음과 같다.

맥동 경보 발생과 함께 송풍기의 날개는 25[%]까지 닫혔고, 운전 상황은 송풍기 날개의 위치와 전동기 전류는 FD 송풍기와 ID 송풍기 모두 직선에 가깝게 증가하는 현상으로 큰 편차가 발생하지 않았다. 풍량과 진동은 맥동 발생시 가장 크게 나타났고, FD 송풍기 A는 흡입된 공기가 출구에 집중되므로 풍압이 증가하였으며, ID 송풍기 A는 큰 편차가 발생되면서 풍량과 비례하지 않는 현상을 나타냈다. 운전점은 평소상태에서는 기존 시스템과 개발한 로직제어 회로 시스템과 큰 차이가 없었지만, 맥동 발생시 개발한 로직제어 회로 시스템의 운전점이 2차 운전한계점에 가깝게 운전되었다. 이러한 결과로 볼 때 개발한 제어로직 회로 시스템이 기존 시스템보다 통풍계통을 안정적으로 운전하는 것을 확인하였다.

이런 연구 결과를 기반으로 하여 앞으로 중점적으로 연구해야 할 과제로는 뉴럴 퍼지 시스템 및 유전자 알고리즘 등을 활용하여 송풍기 맥동을 해결할 경우 더욱 더 좋은 결과를 얻을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 장춘만, 김광용, “축류팬 익단누설와류의 비정상 특성”, 대한기계학회 추계학술대회, pp. 845-850, 2003.
- [2] 장춘만, 김광용, “축류팬 익단누설와류의 수치적 해석”, 유체기계연구개발발표회, pp. 404-411, 2003.
- [3] 최승만, 서성진, 장춘만, 김광용, “설계유량을 고려한 축류송풍기의 최적설계”, 한국유체공학학술대회, pp. 199-202, 2004.
- [4] Wadia A. R., Szucs P. N., Crall, “Inner Workings of Aerodynamics Sweep”, Journal of Turbomachinery, ASME, Vol. 120, pp. 671-682, 1998.
- [5] Denton J. D., Xu L., “The Effects of Lean and Sweep on Transonic Fan Performance”, Proceedings of ASME TURBO EXPO, GT 2002-30327, 2002.

노 용 기(Yong-Gi Roh)

[정회원]



- 1991년 2월 : 원광대학교 전기공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 건국대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2006년 8월 : 원광대학교 전기공학과 (공학박사)
- 1996년 12월 ~ 현재 : 전북인력개발원 일렉트트로닉스공과 전임교수

<관심분야>
자동제어, Neural-Fuzzy, 계장제어

조 현 섭(Hyun-Seob Cho)

[종신회원]



- 1990년 2월 : 원광대학교 전기공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 원광대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 원광대학교 전기공학과(공학박사)
- 1996-1997년 : UNIV. of California Irvine 연구원

• 1997년~현재 : 청운대학교 교수

<관심분야>
ASIC 설계, RFID

장 성 환(Seong-Whan Jang)

[정회원]



- 1974년 2월 : 홍익대학교 전기공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 연세대학교 전기공학과 (공학석사. 박사)
- 1985년~1986년 : Northwestern UNIV. 방문교수
- 2005년~2006년 : Mississippi State UNIV. 교환교수

• 1980년~현재 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수

<관심분야>
자동제어, 지능제어 및 응용 등