

분산제어 설비를 이용한 Fan Stall Warning System 설계(II)

노용기* 조현섭** 장성환*
*원광대학교 전기공학과
**청운대학교 디지털방송공학과
e-mail : ygroh@korcham.net

Fan Stall Warning System Design Using the DCS Logic(II)

Yong-Gi Roh* Hyeon-Seob Cho** Sung-Whan Jang*
*Dept of Electrical Engineering Wonkwang University
**Dept of Digital Broadcast Engineering Chungwoon University

5. Stall Warning Unit 시험결과

5.1 개요

표준 석탄화력에 설치하여 운영중인 축류형 Fan Stall Warning Unit의 문제점을 개선, 보완하기 위하여 현장기술개발과제인 “축류형 Fan Stall Warning Unit의 개발을 완료하고 시작품 성능을 확인하기 위하여 다음과 시험을 실시하였다.

5.2 시험조건

첫째, IDF A Inlet Damper와 FDF A Outlet Damper를 각각 수동조작으로 Fan Stall을 발생시켜 Blade 자동조절 상태 및 경보취명 확인 및 기존 Stall Warning Unit와 변화추이 비교하였다. 둘째, 보일러를 정상운전 상태에서 시험할 경우, Fan Pitch Blade에 미칠 영향을 고려하여 보일러 소화후 FD Fan, ID Fan을 각각 2대씩 운전하고 PA Fan은 정지상태에서 시험하였다.

셋째, 정상운전시의 조건과 유사하게 맞추기 위하여 FD Fan 및 ID Fan Pitch Blade 개도는 40%이상 Open 상태에서 자동 운전하여 시험하였다. 넷째, FD Fan, ID Fan 개도는 Stall 발생시 자동 Rundown 되도록 하기 위하여 자동 상태로 놓고 Air Flow Control Mode를 수동으로 조작하였다.

- 시험시 운전조건은 다음과 같다.
 - 보일러 소화후 FD, ID Fan 2 Chain 운전, PA Fan 정지

- FD, ID Fan Blade 40%이상 Open하여 자동운전
- Air Flow Control Mode Manual
- Fan Blade Control Mode Auto

5.3 시험방법

시험은 각각 FD Fan A, ID Fan A를 대상으로 하였다. FD Fan은 Outlet Damper를 Manual로 10%까지 Step Close 하여 Stall 발생시켰으며, ID Fan은 Inlet Damper를 Manual로 12%까지 Step Close 하여 Stall 발생시켰다.

5.4 시험결과 분석

① FD Fan Stall 시험결과 분석

<그림6>은 보일러 정지중 인위적으로 Stall을 발생시키기 위하여 시험한 결과이며 FD Fan Pitch Blade 개도 40%에서 자동운전 중 Fan 출구 댐퍼를 단계적으로 닫았을 때 운전 상태를 보여주고 있다.

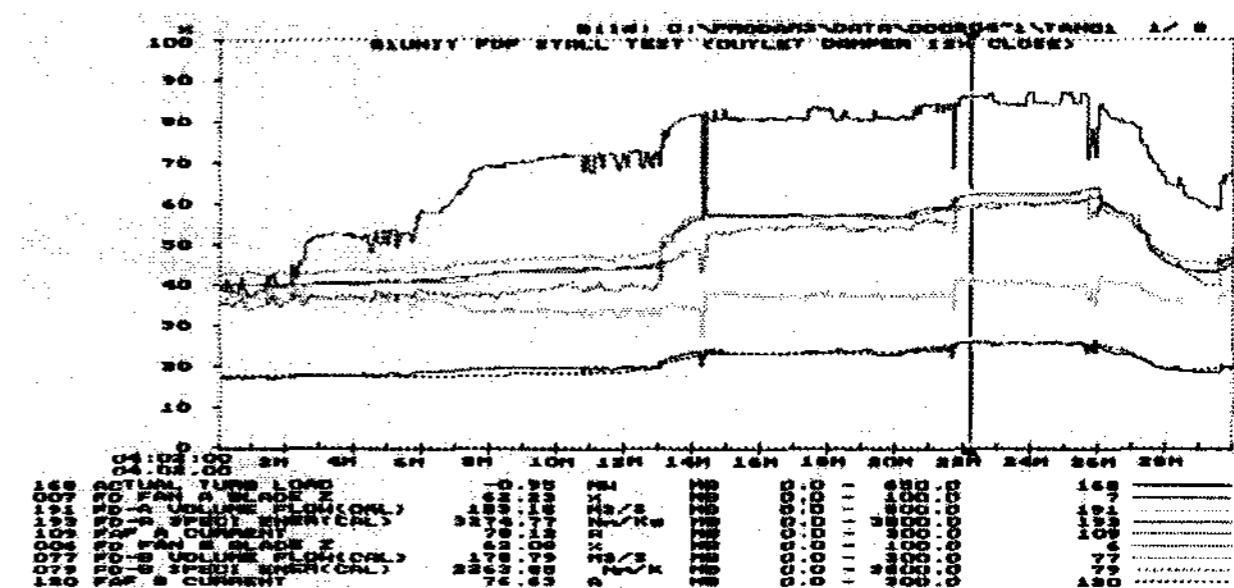


그림 6. FD Fan Stall 발생시 운전상황

Fan Pitch Blade는 Air Flow(Set : 60%)를 제어하기 위하여 댐퍼를 닫을 때마다 상승하였으며 댐퍼개도 15%~20% 사이에서 Motor Current 상승과 함께 Blade 개도 및 Specific Energy, Volume Flow가 상승하고 이후 순간적으로 불안정한 모습을 나타내었다. 즉, 댐퍼개도 15% ~ 20% 사이에서 1차적으로 Stall 이 발생하였으며 이후 댐퍼개도 10%가 되기까지 발생정도는 약 했지만 Stall이 2회 추가 발생하였고 계속적으로 불안정한 운전상태 보였다.

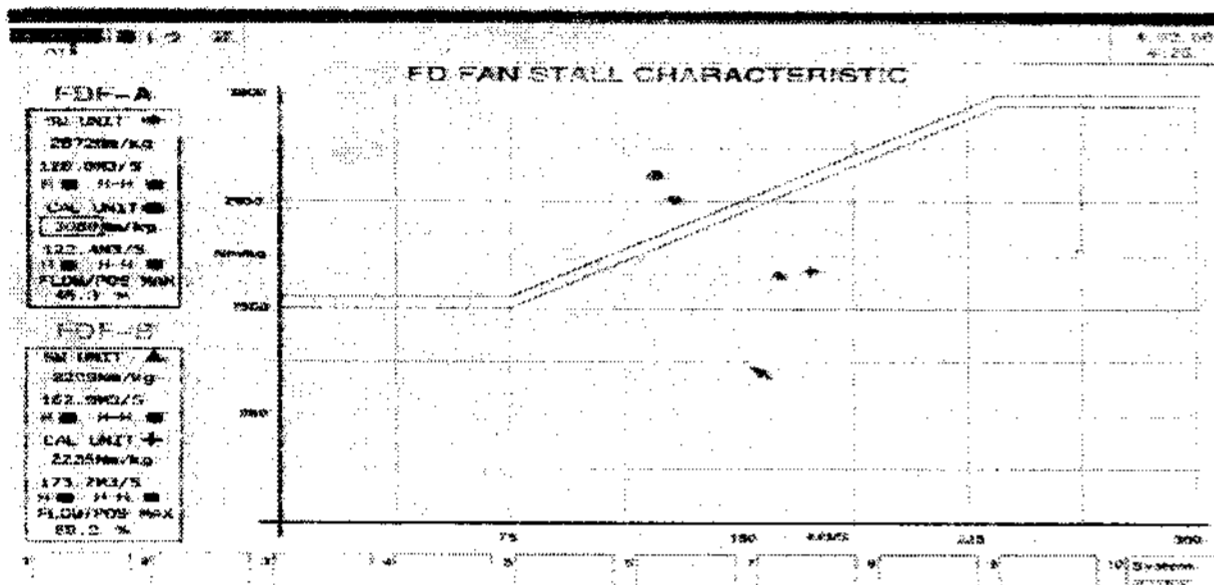


그림 7. FD Fan Stall 시험시 곡선

<그림8>에서 보는 바와 같이 FD Fan 출구 댐퍼를 단계적으로 닫았을 때 댐퍼개도 20%부터 Motor Current와 Specific Energy, Volume Flow가 상승하였는데 이는 FD Fan 출구 댐퍼 20%에서 Stall이 발생하여 이후 10%로 닫을 때까지 운전 변수가 높게 유지되어 상태가 불안정하게 운전되었음을 증명하였다.

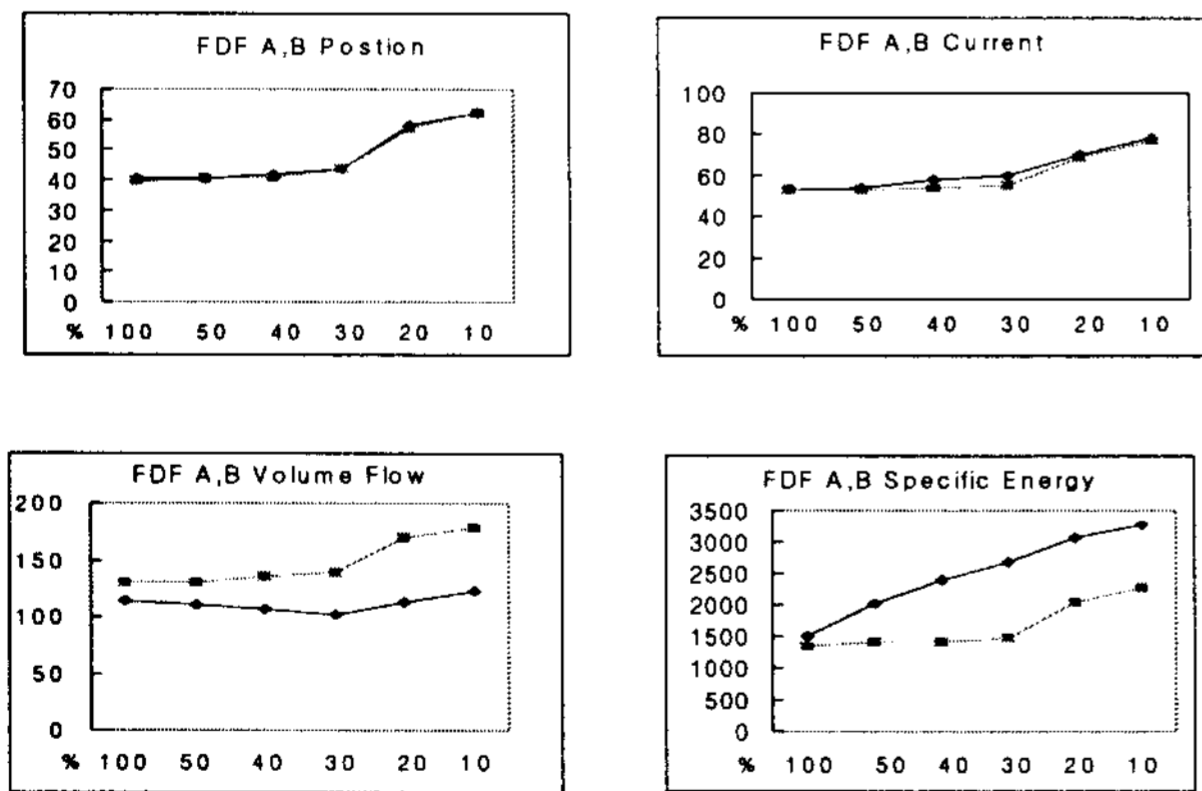


그림 8. FD Fan Stall 시험시 운전자료

② FD Fan 진동분석

FD Fan의 경우 Stall 시험시 댐퍼개도 20%에서부터 소음이 증가하며 Fan Bearing Casing Vibration을 측정하였다. 정확한 시험을 위하여 Fan Housing에 Vibration Probe를 설치하고 시험해야 하나 Fan Bearing Casing

Vibration으로 만족해야 했다.

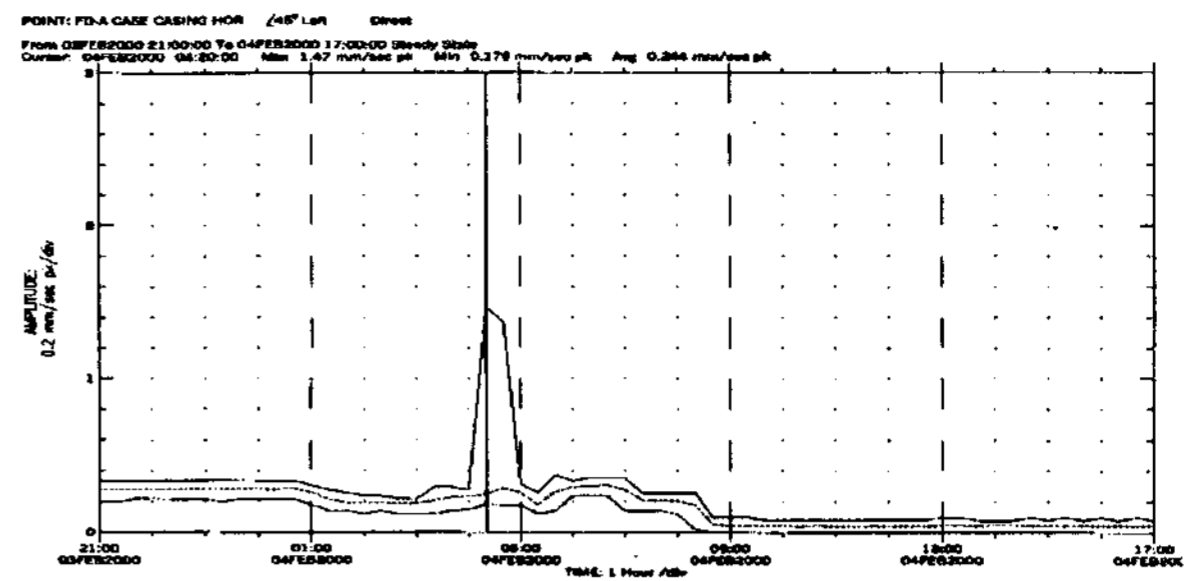


그림 9. FD Fan Brg Casing Vib, Hor.

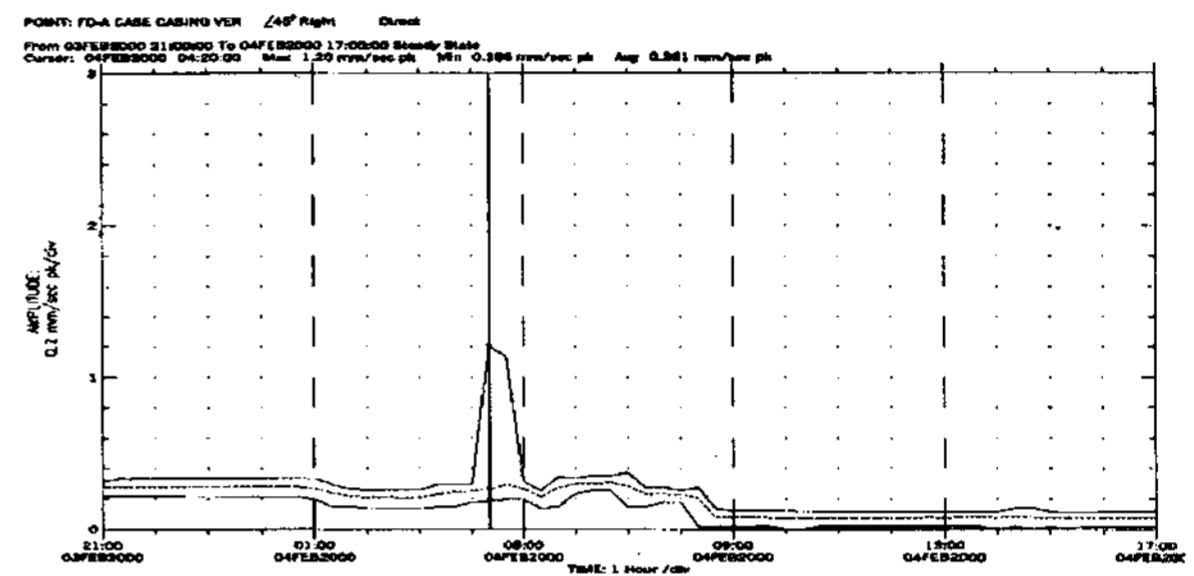


그림 10. FD Fan Brg Casing Vib, Ver.

③ Position Rundown 시험

<그림 11>은 Stall이 발생하였을 때 Fan이 안정영역에서 운전될 수 있도록 Blade가 자동으로 Rundown 되는지 시험한 결과이다.

시험 당시 Blade Position Rundown 발생후 Stall 경계선 내에 진입후 Stall이 곧바로 해소되어 다시 Stall이 발생한 사례가 반복되었다. 이는 예상하지 못한 결과로 곧 현장에서 검토한 후 다음과 같이 보완하였다.

즉, 정상 운전중에는 Motor Current와 Blade Position이 비례적으로 이동하나 Stall이 발생하면 Motor Current와 Blade Position이 불규칙하게 변화되는 것에 착안하여 Stall 발생시 Blade Position 대비 Motor Current가 5%이상 편차가 발생하면 Rundown 되도록 수정하였다. 수정결과 그림에서 보는 바와 같이 25%까지 Rundown 된 것을 볼 수 있다.

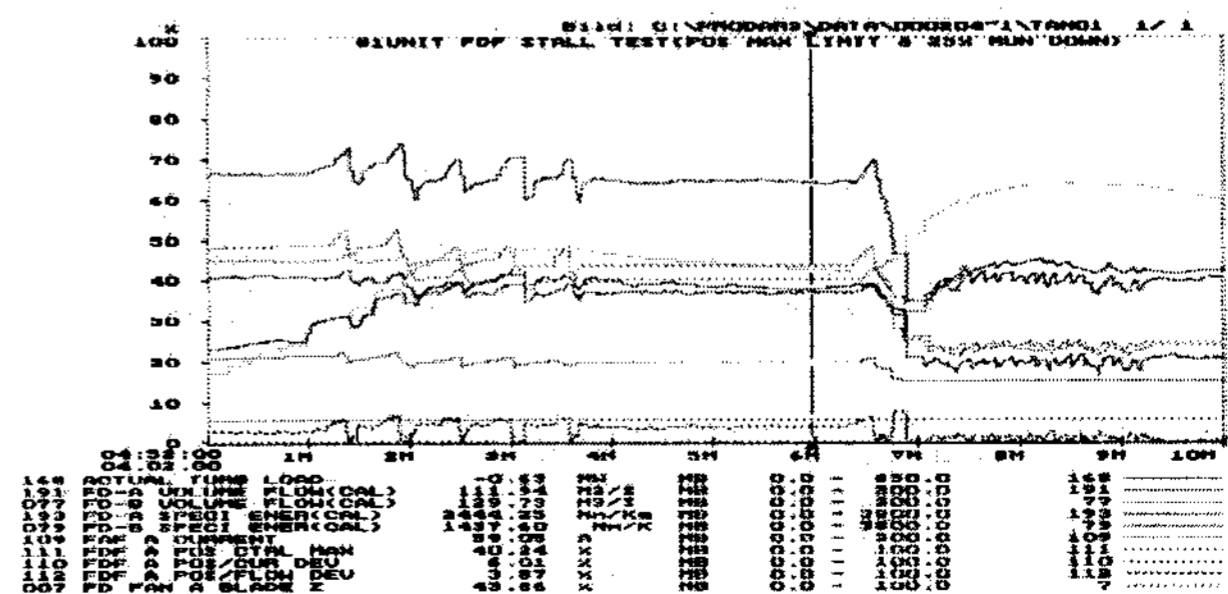


그림 11. Position Rundown 시험

④ ID Fan Stall 시험결과 분석

<그림12>는 보일러 정지중 인위적으로 Stall을 발생 시키기 위하여 ID Fan 입구 댐퍼를 단계적으로 닫았을 때 운전 상태를 보여주고 있다.

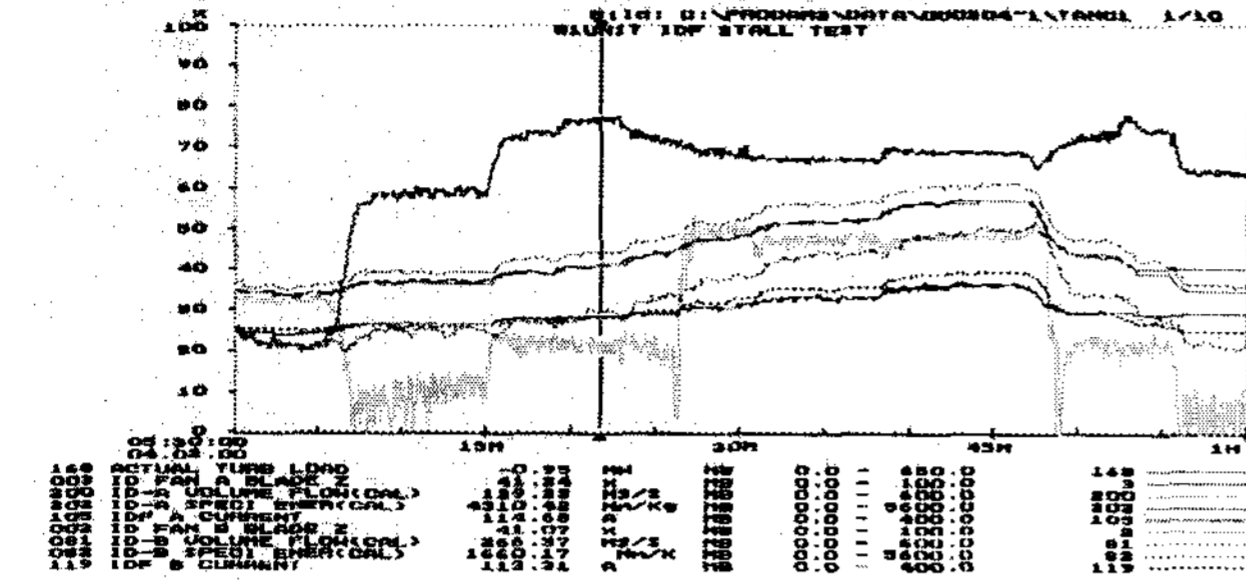


그림 12. ID Fan Stall 발생시 운전상황

Fan Pitch Blade는 Air Flow(Set : 60%)를 제어하기 위하여 댐퍼를 닫을 때마다 상승하였으며 댐퍼 개도 15% ~ 20% 사이에서 Motor Current 상승과 함께 Blade개도 및 Specific Energy, Volume Flow가 상승하고 이후 순간적으로 불안정한 모습을 나타내었다. 즉, 댐퍼개도 15% ~ 20% 사이에서 1차적으로 Stall 이 발생하였으며 이후 댐퍼개도 10%가 되기까지 발생정도는 약했지만 Stall이 2회 추가 발생하였고 계속적으로 불안정한 운전상태 보였다.

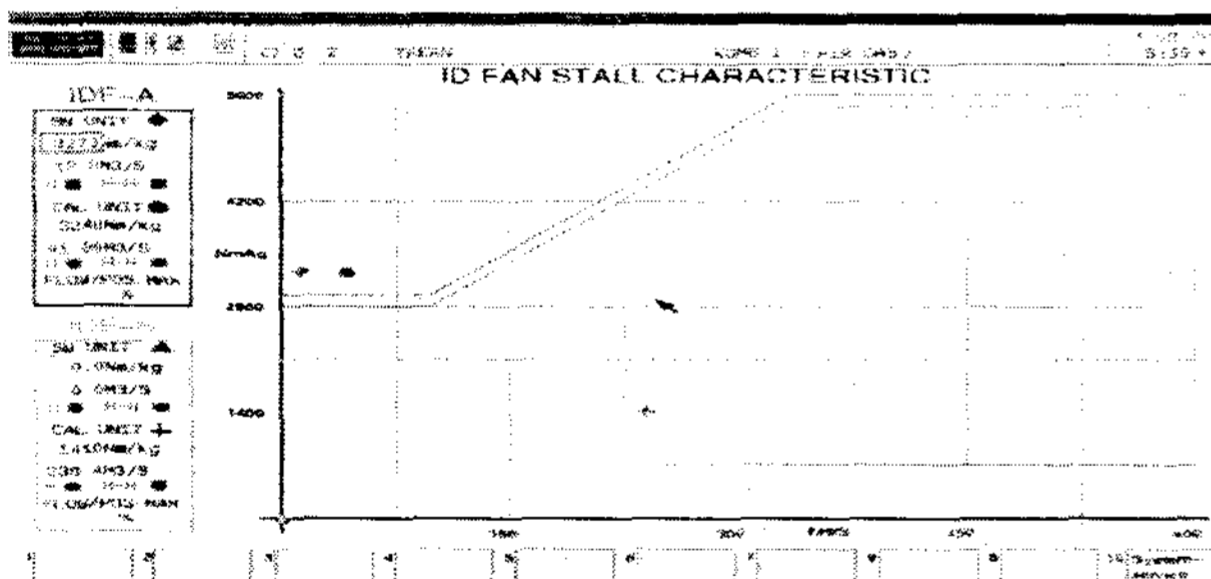


그림 13. Stall 발생시 Curve

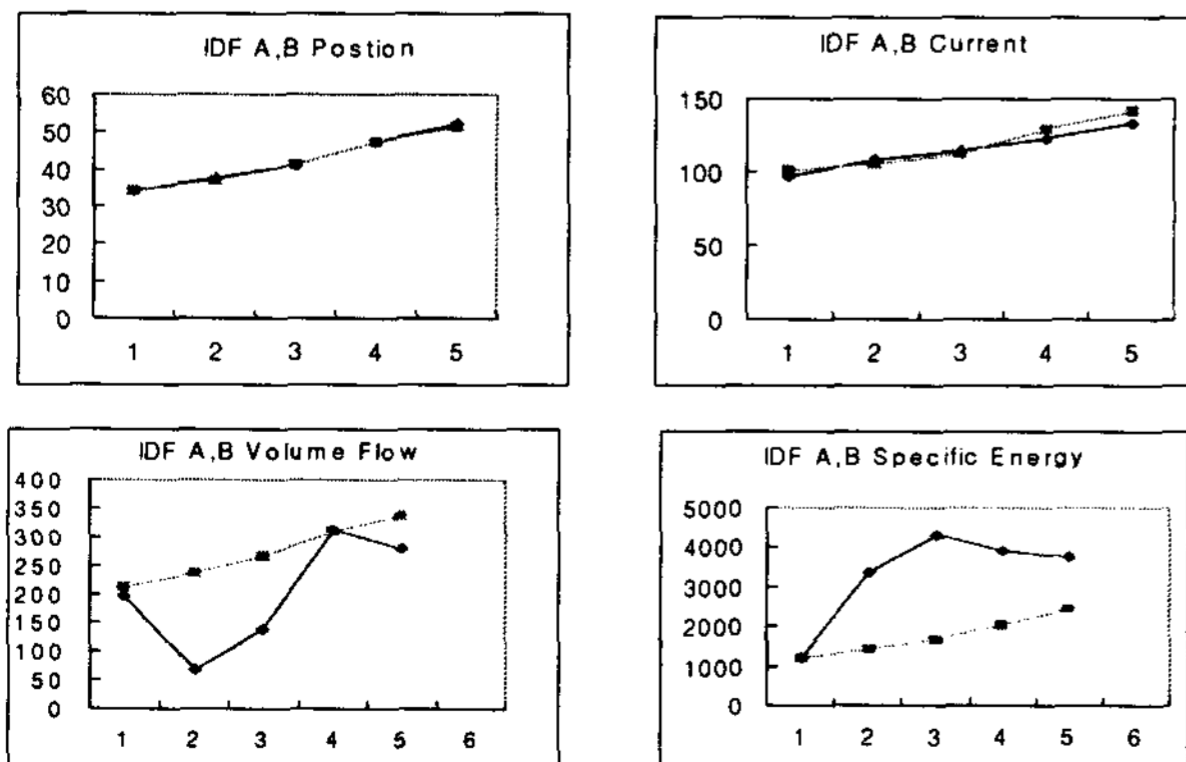


그림 14. ID Fan Stall 시험시 운전자료
(◆ : A Type, ■ : B Type)

<그림14>에서 보는 바와 같이 ID Fan 출구 댐퍼를 단계적으로 닫았을 때 댐퍼개도 20%에서 Motor Current는 완만하게 증가하였으나 Specific Energy가 급상승 한 것을 볼 수 있으며 Specific Energy는 Volume Flow와 정비례하지 않는 모습이였다. 일반적으로 Specific Energy와 Volume Flow는 반비례하여 나타나지만 Stall 발생시에는 맥동현상으로 Specific Energy와 Volume Flow가 흔들려 반비례하지 않는 것으로 보인다. 이후 Specific Energy가 포화를 이룰 때 Volume Flow는 댐퍼개도 15%에서 급상승하는 것을 볼 수 있다.

⑤ ID Fan 진동분석

ID Fan의 경우에도 FD Fan과 마찬가지로 Stall 시험시 댐퍼개도 20%에서부터 소음 증가는 없었으나 Fan Bearing Casing Vibration은 소폭 증가하였다.

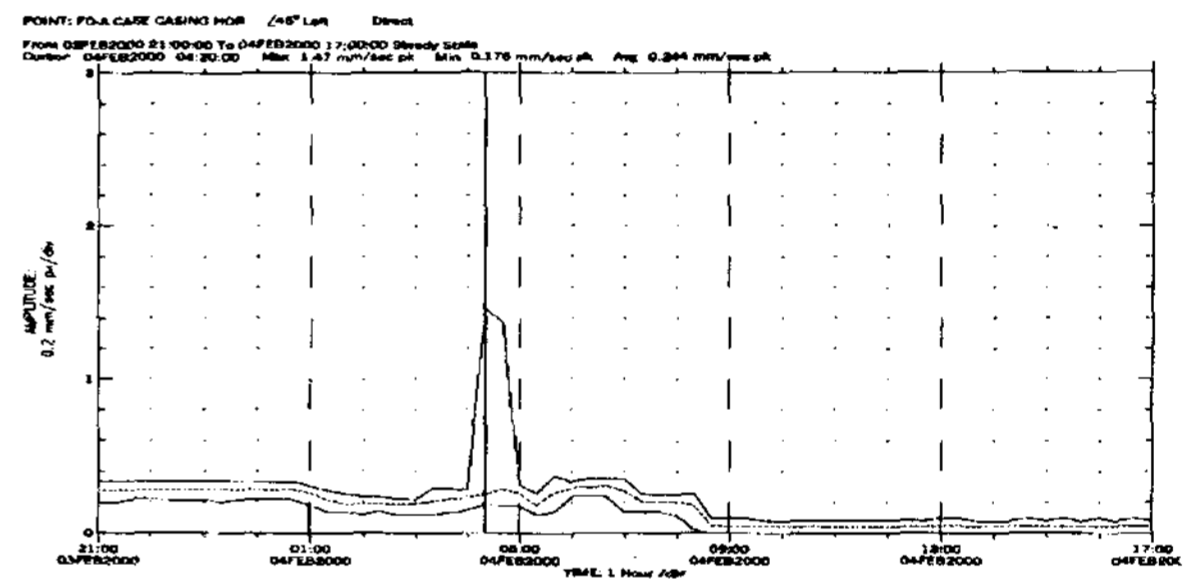


그림 15. ID Fan Brg Vib. Hor.

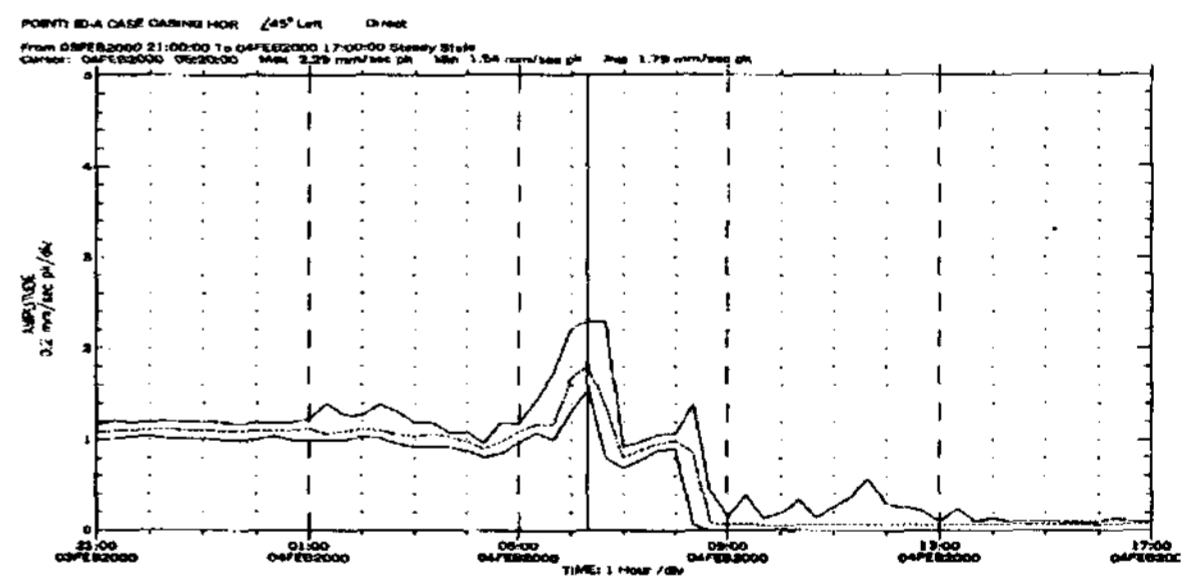


그림 16.ID Fan Brg Vib Ver.

6. 결론

축류형 Fan Stall Warning System은 국내에서는 처음 시도한 연구로써 국내 기술로 해결하기 어려운 블랙박스형 설비를 분산제어 시스템의 논리 제어회로로 개발한 내용입니다. 화력발전소 현장에서는 운전 기간 동안 Stall Warning Unit의 빈번한 고장으로 출력감발이 잦았으며 출력감발의 부담을 줄이기 위하여 Fan

Stall Warning Unit의 자동조절 기능을 제거하여 운영하였다. 따라서 Fan에 Stall이 발생하면 운전원이 종합적인 상황을 판단하기가 곤란하고 조치시간 지연으로 설비에 위험이 따른다. 금번에 개발한 Stall Warning System은 기존의 Stall Warning Unit 대체에 목적이 있었지만 계측기의 오동작시 발전 운전엔 미치는 영향을 고려하여 계측기가 오동작하면 자체에서 운전변수를 비교, 판단하는 기능을 삽입하여 출력감발의 원인을 제거한 동시에 Stall발생시 Fan이 안정영역에서 운전되도록 회로를 구성하였으며 현장적용시험을 통하여 신뢰성을 입증하였다. 또한 기존 설비는 대당 1,900만원으로 신규 개발품 1,000만원과 비교하여 고가이고, 한개 호기 교체 시 3,400만원의 절감효과가 있으며, 출력감발 발생시 연간 1회, 3시간 기준으로 2,187만원을 절감하여 경제적으로도 큰 이익을 가져왔다.

참고문헌

- [1] 최덕철 “축류형 송풍기 운전특성”, 기술회보, 35권, 1999.
- [2] 태안화력 “Stall 발생보고서”, 1997.
- [3] 보령화력 “Stall 발생보고서”, 1993.
- [4] Howard Kaufman, Izhak Bar-Kana and Kenneth Sobel, “Direct Adaptive Control Algorithms, Springer-Verlag, 1994.
- [5] B. C. Kuo, Automatic Control Systems, Prentice-Hall, 1991.
- [6] C. Canudas De Wit, N. Fixot, “Robot Control. Via Robust State Estimated Feedback,” IEEE Trans, Automatic Control. Vol.36, No.12, pp.1497-1501, DEC, 1991.
- [7] Robert H. Bishop, Modern control Systems Analysis and Design Using MATLAB, Addison-Wesley Publishing Company.
- [8] Peter Norten, “C++ Programming”, 1993.
- [9] S. R. Ahuja, et al., “The Rapport Multimedia Conferencing System; A Software Overview”, Proc. of 2nd IEEE Conference on Computer Workstations, pp.52-58, March, 1988.
- [10] W. Reirhard et al., “CSCW Tools: Concepts and Architecture”, IEEE Computer, Vol. 27, No. 5, pp.28-36, May, 1994.