

선박용 자이로콤파스의 자기진단 시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of the Self test-system for the Marine Gyrocompass

이 상 집 · 임 정 번

1. 서 론

Decca, Loran-C, NNSS, GPS 등의 항해기기들은 컴퓨터 산업의 급속한 발전에 따라 비정상인 상태를 스스로 진단하는 자기진단(self-test)기능을 내장해서 선박자동화 요건을 충족하는 신뢰성을 확보할 수 있게 되었으나 자이로콤파스는 아직까지 진단기능을 내장한 제품이 개발되지 못한 실정이며, 자이로콤파스를 작동시킨 후 4시간 이상 경과해야 정상동작 여부를 판단할 수 있는 문제점이 지적되고 있다.^{1)~5)}

이러한 문제점을 살펴보면, 자이로콤파스가 전기적인 부분과 기계적인 부분으로 구성되어 있기 때문에 계통의 고장이 복합적으로 일어나는 경우가 많아 다른 항법기기와 같이 전기적인 회로의 추적만으로는 자기진단 시스템을 구성할 수 없으며, 자이로콤파스는 자이로구의 댐핑현상으로 인하여 4시간 이상의 시간이 경과해야만 정상적으로 동작할 것인지를 판별할 수 있는 특유의 특성을 갖고있다.^{6)~8)}

이 논문에서는 자이로콤파스가 갖고있는 문제점을 해결하거나 개선할 수 있는 장치의 개발에 관하여 연구한 결과 4시간 이상 소요되던 동작 확인시간을 20분 이내로 단축하고, 고장의 원인으로 될 수 있는 부분을 검출하여 미연에 고장을 방지하며, 고장발생 때에는 고장원인을 정확하게 검출하는 자기진단 시스템을 개발할 수 있었다.

2. 실험장치

실험장치는 독일 Anschütz 회사가 제작한 Standard-6(type 110-203) 자이로콤파스 본체와 정전원변환기(type 121-039)를 이용하였다. 정전원변환기는 안정된 55(73)V/400Hz, 115V/400Hz, 60V/60Hz 를 자이로콤파스에 공급한다. 자이로콤파스의 자이로구(gyro sphere)에는 55V/400Hz 가 공급되고, 편각신호 증폭기에는 115V/400Hz 가 공급되어 추종 시스템을 구성한다. 가열램프(heating lamp)와 냉각 팬(cooling fan)에는

로 구성되어 여러형태의 신호를 $\pm 10\text{Vdc}$ 이내의 아나로그 신호와 TTL 레벨의 디지털 신호로 변환한다. 18개의 검출기와 신호조정기는 정류회로(rectifier), 분압기(voltage divider), 차동증폭회로(differential amplifier), 연산증폭기(operational amplifier), 전압 콤파레이터(voltage comparator), 슈미트회로(schmitt trigger), 버퍼(buffer), 온도센서(thermo sensor) 회로들을 신호형태에 따라 직렬로 접속하여 제작하였다.

4.2 동특성 측정용 인터페이스

동특성 측정용 인터페이스에 입력되는 자이로콤파스의 방위신호는 발신동조모터(transmission synchro motor)에 의하여 외부로 전송되며, 전송신호의 형태는 60Hz 에 변조된 3상 신호가 된다.¹⁵⁾ 이 신호는 동특성 측정용 인터페이스의 3상 전송회로(3-phase transmitter)에 입력되어 입·출력접지가 분리되고 60Hz 이외의 잡음이 억제되며 전압 콤파레이터(voltage comparator)와 60Hz 복조회로(60Hz demodulator) 그리고 3상 판별회로(3-phase discriminator)를 통해서 $1/6^\circ$ 의 분해능을 갖는 방위 계수신호로 변환된다. 변환된 방위 계수신호는 업/다운 판별회로(up/down discriminator)와 업/다운 계수기(up/down counter)를 통해서 $000^\circ \sim 359^\circ$ 의 방위에 비례한 000~359의 BCD(Binary Coded Decimal) 값으로 계수된 후 D-A 변환기(Digital to Analog converters)에 의하여 BCD 값에 비례하는 전압으로 출력되어 A-D/D-A 컨버터에 입력된다.

5. 자기진단 프로그램의 개발

자기진단 프로그램¹⁶⁾⁻¹⁸⁾은 A-D/D-A 변환기 제어용 패키지인 "Control E-G"를 이용하여 작성하였다. 이 패키지는 사용자가 작성하는 셋-업 테이블(set-up table)의 내용에 따라 A-D/D-A 변환기를 제어하여 입력 데이터를 PC의 데이터 버스로 전송하고, 시퀀서 테이블(sequencer table)에 작성된 프로그램으로 데이터를 보정처리, 연산처리하여 표시·기록하게 된다.

자기진단 프로그램은 실험장치를 작동한 후 약 2시간까지의 불안정한 동작상태를 진단하는 초기상태 자기진단 프로그램과 그 이후 부터의 안정한 동작상태를 진단하는 정상상태 자기진단 프로그램으로 구성되어 있다.

6. 자기진단 시스템의 구성

Fig.1은 개발한 자기진단 시스템¹⁹⁾의 전체 구성도를 도시한 것이다. 이 시스템의

의 구성은 정전원변환기와 자이로컴파스에서 출력되는 여러형태의 신호(점점의 ON/OFF, 전류, 전압, 온도, 3상 방위신호)를 0~10Vdc 의 아나로그 신호와 TTL 레벨의 디지털 신호로 변환하는 인터페이스, 인터페이스에서 출력되는 신호를 프로그램에 따라 샘플링해서 PC의 데이터 버스(data bus)로 전송하는 A-D/D-A 컨버터, A-D/D-A 컨버터의 실행환경과 진단 프로그램을 작성하는 "Control E-G" 패키지, 진단결과를 표시하는 방법을 설정한 셋-업 파일(set-up file), 그리고 16 비트의 PC 와 진단결과를 표시, 기록, 저장하는 CRT, 프린터, floppy diskett 으로 구성되어 있다.

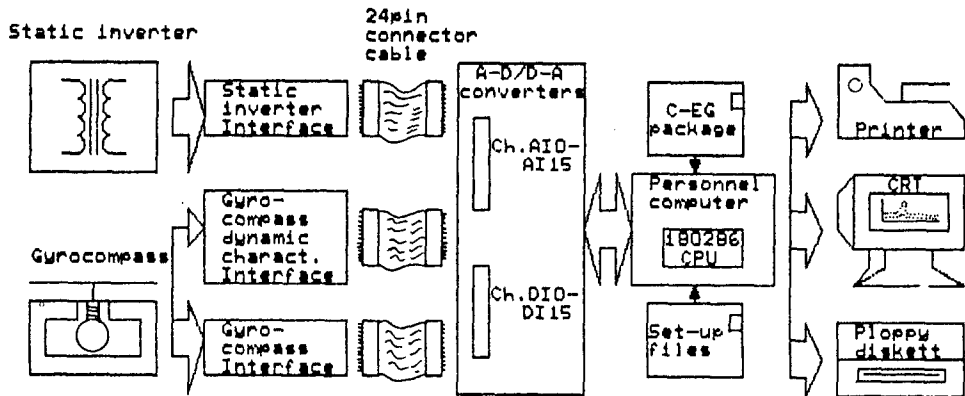


Fig.1 Functional block diagram of self-test system

7. 실험

7.1 초기상태 진단결과

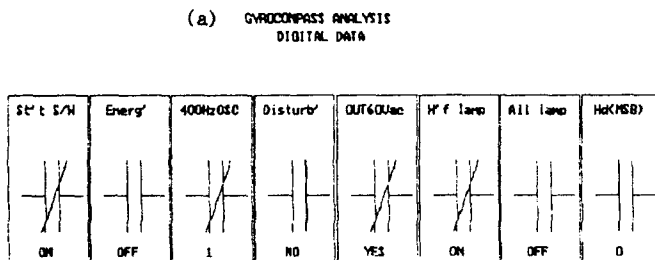


Fig.2는 가열램프의 어느 한 측이 고장났을 때의 결과로서, 디지털 측정요소의 공간 그래프 (a)는 가열램프의 반(그림의 "H'f Lamp")은 정상임을 표시하는 "ON"이 표시되어 있고, 가열램프 전부(그림의 "All Lamp")는 비정상임을 표시하는 "OFF"가 표시되어 있다. 여기서, 가열램프

(b) 2min to 20min analysis

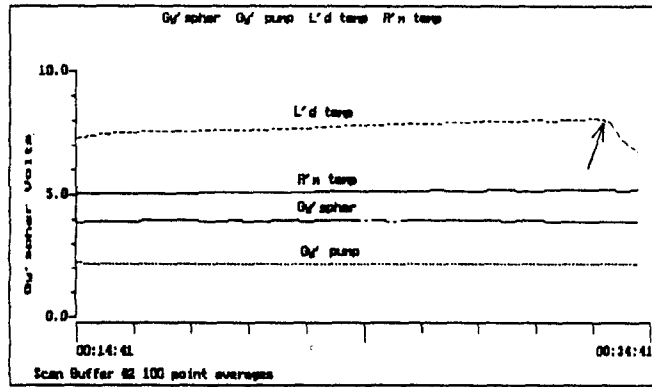


Fig.2 Results by initial state self-test when A or B side heating lamp fault

요된다. 따라서 가열램프에 의한 가열온도가 정상시 보다 낮으므로 가열램프의 한 측이 작동하지 않음을 이 결과로부터 알 수 있다.

는 3개씩 직렬로 연결된 것이 다시 병렬로 연결되어 있다. X-Y 그래프(b)에서, 지지액온도(그림의 "L'd temp")는 상승하지만 일정온도로부터 최고온도까지 상승한후 하강하는 지점(그림의 화살표시)에서 다음 최고온도까지의 시간이 20분 이상 소요됨을 알 수 있다. 가열램프 모두 정상일 때 실내온도 17°C 에서 최고온도까지 상승하는데는 약 16분이 소

7.2 자이로콤파스의 동특성 측정결과

Fig.3는 00시 24분 09초부터 02시 28분 49초까지의 2시간 04분 40초동안 자이로콤파스 방위의 변화를 측정한 결과로, X 축은 실시간(real time)을 기록하고, Y 축은 기록정도를 높이기 위하여 00°~90°를 기록범위로 하였다. 90°씩 4단계로 구분된 000°~360°의 방위는 000°~090°을 파선(---)으로 표시하고, 090°~180°은 실선(——)으로, 180°~270°은 점선(.....) 그리고 270°~360°은 다시 파선(---)으로 표시하였다.

Fig.3에서 진동주기와 댐핑팩터(Damping Factor, DF)를 구하면, 각 지점은 41.2분의 등간격으로 측정되므로 진동주기는 82.4분이 되고, DF는 다음식으로 부터 0.34가 된다. 실험장치로 이용된 Anschütz St.6 자이로콤파스는 표준위도 54°에서 84.5분의 진동주기로 설계되어 있으므로 위도 35°06'인 부산에서는 그 보다 짧은 약 82.4분으로 측정되는 것이 정상이다.

$$DF = \frac{B \sim C}{A \sim B} = \frac{077 \sim 098}{139 \sim 077} = \frac{21}{62} = 0.34$$

GYROCOMPASS ANALYSIS

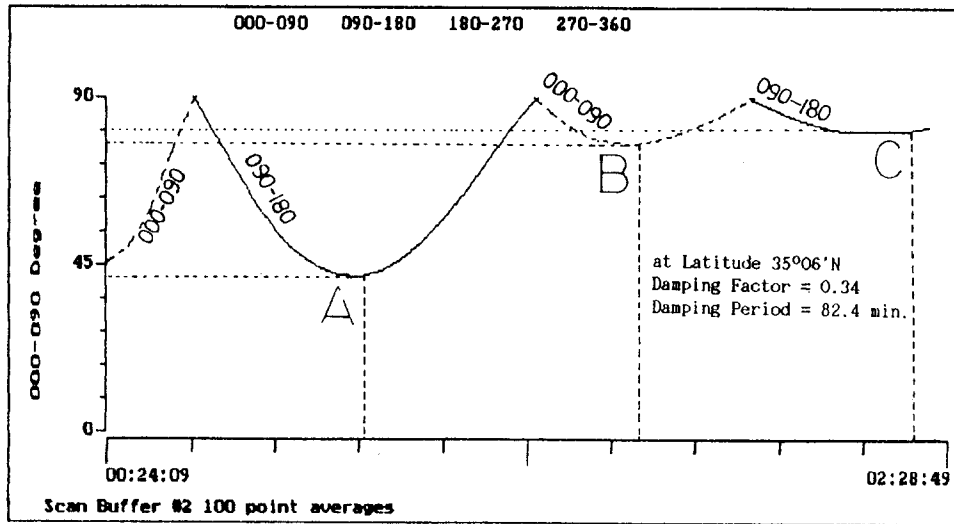


Fig.3 Results of gyrocompass dynamic characteristics test

7.3 정상상태 진단결과

Fig.4 는 자이로콤파스 주동부 측정요소 중에서 펌프의 가동코일 길이를 인위적으로

GYROCOMPASS ANALYSIS			
Seq #	Status	Step	Action
0	OFF	0	
1	OFF	0	
2	OFF	0	
3	OFF	0	
4	ON	2	
5	OFF	2	GOTO(0)
6	OFF	0	
7	OFF	0	

Fig.4 Results by normal state self-test when transformer(M2) fault

고장은 자이로콤파스의 동작을 정지시키는 원인이 되므로 정상상태 진단이 고장원인을 검출할 수 있음을 알 수 있다.

로 짧게하여 코일의 저항을 정상보다 작게하므로써 마치 코일의 열화에 의하여 코일의 절연이 불량하게된 상태를 만들어 진단한 결과이다. 프로그램이 실행된 결과, Fig.4에 표시된 것과 같이 펌프 유닛 (pump unit)에 이상이 발생하였음을 표시하고 있다. 펌프의

8. 결론

이 연구에서는 선박용 자이로콤파스의 자기진단 시스템을 개발하였고, 그 성능을 실험한 결과는 다음과 같다.

- 1) 인터페이스를 설계·제작하고 진단 프로그램을 개발하여 단일 계측장비 형태로

된 자이로콤파스의 자기진단 시스템을 구성하였다.

2) 자이로콤파스가 재 작동될 때 그 결과를 확인하는데 소요되던 4시간 이상을 약 20분이내로 단축할 수 있었고, 자이로콤파스의 동특성도 측정할 수 있었다.

3) 자이로콤파스의 고장을 미리 예측할 수 있고, 고장 발생시에는 고장원인을 정확하게 진단할 수 있었다.

4) 자이로콤파스와 정전원변환기에 대한 새로운 진단 알고리즘을 개발하였다.

6) 자기진단 시스템을 이용하여 위도 35° 06'N 인 부산에서 실험장치를 진단한 결과 자이로콤파스의 동특성은 진동주기가 82.4분이고 댐핑팩터는 0.34임을 확인 하였으며, 정전원변환기는 50초 지연회로가 20초로 되어 있는 것 이외에는 모두 정상임을 알았다.

참고문헌

1. 小畑秀之, "船舶システム概論," 成山堂書店, 東京, pp.5-17, 1978
2. PT21 Adaptive Autopilot, TOKIMEC Inc., Tokyo, 1990
3. L.Tetley and D.Calcutt, "Electronics Aids to Navigation," EdwardArnold, London, pp.55-352, 1986
4. S.F.Appleyard, "Marine Electronic Navigation," Routledge & Kegan Paul Ltd., London, pp.87-248, 1980
5. Instruction Manual for JNA-710 Loran-C Receiver, Japan Radio Co.,Ltd.,Tokyo, 1979
6. J.Klinkert, W.Burger, and A.G.Corbett, "Marine Gyrocompasses," Routledge & Kegan Paul Ltd., London, pp.10-23, 1976
7. Standard Gyrocompass Type 110-203 Instruction, Anschütz, Kiel, 1979
8. Static Inverter Type 121-039 Instruction, Anschütz, Kiel, 1979
9. 이상집, "자이로기기해설," 아성출판사, 부산, pp.149-166, 1988
10. PCL-812 Enhanced Multi-Lab Card user's manual, Advantech Co.,Ltd., U.S.A., 1989
11. 이상집, 임정빈, "디지털형 전자유도식 선속계에 관하여," 한국항해 학회지 제14 권 제3호, pp.1-14, 1990
12. 이상집, 임정빈, "원격지시식 자기콤파스에 관한 연구(I)," 한국항해 학회지 제10 권 제1호, pp.81-100, 1986
13. H.M.El-Bolok and S.S.Abd-El-Hamid, "A Microprocessor-Based Self-Adjusting System for Integral Cycle Power Control of RL Loads," IEEE Trans. on

- Industrial Electronics, Vol.37, pp.156-159, April 1990
14. J.J.Carr, "Elements of Electronic Instrumentation and Measurement," Reston Publishing Co., Inc., Virginia, pp.33-70, 1979
 15. E.J.Wightman, "Instrumentation in process control," Butterworth & Co., London, pp.104-107, 1978
 16. 和田幸一, 守谷幸男, 川口喜三男, 森下正浩, "故障が存在する計算機網する連結判定分散アルゴリズム," 電子情報通信学会論文集, Vol.J74-D-1 No.2, pp.137-145, Feb. 1991
 17. 橋爪正樹, 爲貞建臣, "TTL組合せ論理回路の電源電流による故障検出法," 電子情報通信学会論文集, Vol.J73-D-1 No.7, pp.621-629, July 1990
 18. J.J.Shaw, "A Decision Support System for the Design of a Large Electronics Test Facility," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.21 No.3, pp.533-544, May/June 1991
 19. M.S.Mahmoud, S.Z.Eid, and A.A.Abou-Elsooud, "A Real-Time Expert Control System for Dynamical Processes," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.19 No.5, pp.1101-1106, Sept./Oct. 1989