

“이 책은 1991년도 교육부 학술 연구 조성비에 의하여 출판되었음”

선박용 자이로컴파스의 자기진단 시스템 개발에 관한 연구

이 상 집* · 임 정 빈*

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

Sang-Jib Lee · Jeong-Bin Yim

〈 목 차 〉

Abstract

1. 서 론

2. 자기진단 시스템의 구성

2.1 실험 장치

2.2 진단 파라미터의 선정

3. 인터페이스의 개발

3.1 진단용 인터페이스

3.2 동특성 측정용 인터페이스

4. 자기진단 프로그램의 개발

4.1 초기상태 알고리즘

4.2 정상상태 알고리즘

5. 실험결과

5.1 초기상태 진단결과

5.2 동특성 측정결과

5.3 정상상태 진단결과

6. 결 론

Abstract

In this study, the self test-system for the marine Gyrocompass was developed and the obtained results are summarized as follows :

1) Utilizing the newly developed self-test system, the time length for observing the transient state of Gyrocompass reading which has been over 4 hours can be reduced to less than 20 minutes. In addition, the dynamic characteristics of the Gyrocompass can be measured within 2 hours after starting the system.

2) Prior test and diagnosis was done by checking all parameters recurrently with period of 2.5 minutes.

3) Testing and diagnosis results was shown in graphic mode and could be transmitted to INMARSAT unit using personal computer.

4) The results of the newly designed trouble shooting algorithm for the system was found to be applicable under arbitrary given conditions.

* 한국해양대학교

1. 서 론

RDF, Decca, Loran-C, Omega, NNSS, GPS, Auto-pilot 등의 항해기기들은 컴퓨터 기술의 급속한 발전에 따라 고장을 추적하는 자기진단 (self-test) 기능이 내장 되어 선박자동화 요건을 충족하는 신뢰성을 확보할 수 있게 되었다. 그러나 자이로콤파스는 아직까지 진단기능을 내장한 제품이 개발되지 못한 실정이다. 뿐만 아니라 자이로콤파스는 다른 기기와는 달리 작동시킨 후 4시간 이상이 경과해야 정상동작 여부를 판단할 수 있어 활용상에 어려움이 많다.^{1)~7)}

자이로콤파스의 이러한 문제점들은 전기적인 부분과 기계적인 부분이 서로 연계되어 있는 계통의 구성 때문에 고장원인이 복합적인 경우가 많고, 다른 항법기기와 같이 전기적인 회로의 추적만으로는 자기진단 시스템을 구성할 수 없기 때문이다. 그리고 자이로콤파스는 변속도오차 (ballistic deflection)를 피하기 위하여 비제진 (undamped)시 자이로로터축의 진동주기를 84.5분이 되도록 설계되어 있어 4시간 이상이 경과한 후에 정상동작 여부를 알 수 있기 때문이다.^{8)~10)}

현재 자이로콤파스의 기능으로는 전원이 공급되지 않거나 퓨즈가 단선되었을 때 경보가 울리는 정도이므로 운전상태를 지속적으로 감시하여 고장이 발생하기 전에 대처할 수 있고, 작동시킨 후 단시간에 자이로콤파스의 상태를 파악할 수

있는 시스템이 개발된 것은 없는 실정이다.

이 논문에서는 이러한 자이로콤파스의 문제점을 개선하기 위한 자기진단 시스템을 개발하였으며, 그 결과 자이로콤파스의 고장을 야기시킬 수 있는 원인을 검출할 수 있고, 자이로콤파스를 동작시킨 후 20분 이내에 정상동작할 것 인지를 판단할 수 있는 방안을 제시하였다.

이 논문의 연구과정 및 방법은 우선, 실험장치의 동작특성을 분석하여 진단 파라미터를 선정한 후 기준값을 설정하여 새로운 진단 알고리즘을 구성하고, 실험장치로부터 출력되는 신호들을 A-D/D-A 변환기로 전송하는 인터페이스를 설계, 제작하며, A-D/D-A 변환기에서 PC로 전송된 데이터를 처리하는 시스템 프로그램을 개발하여 자기진단 시스템을 구성한 후 실험장치가 정상일 때의 진단결과와 실험장치가 비정상일 때의 진단결과를 서로 비교, 분석하므로써 개발한 자기진단 시스템의 진단 기능을 평가하도록 하였다.

2. 자기진단 시스템의 구성

Fig.1은 개발한 자기진단 시스템의 전체 구성도를 도시한 것이다. 이 시스템의 구성은 정전원 변환기와 자이로콤파스에서 출력되는 여러형태의 신호(접점의 ON/OFF, 전류, 전압, 온도, 3상 방위신호)를 0~10Vdc의 아나로그 신호와 TTL 레벨의 디지털 신호로 변환하는 인터페이스, 인터

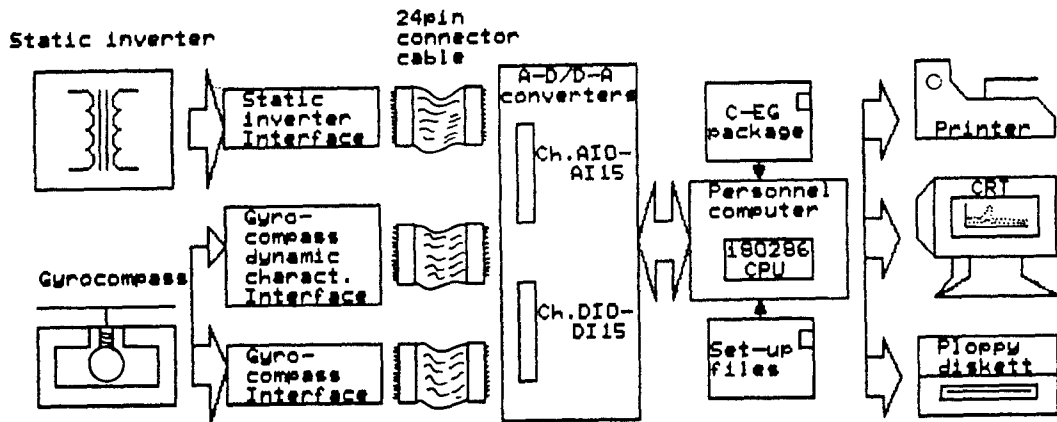


Fig.1 Configuration of self-test system

페이스에서 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(ste-up file), 그리고 16비트의 PC와 진단결과를 표시, 기록, 저장하는 CRT, 프린터, floppy diskett으로 구성되어 있다.

2.1 실험장치

Fig.2는 실험장치로 이용한 독일 Anschütz 회사의 자이로콤파스(standard-6, type 110-203)와 정전원변환기(type 121-039)의 블록선도이며, 주요구성은 다음과 같다.

정전원변환기에 입력된 주전원(main supply)은 기동 스위치(start switch)를 통하여 변압기(transformer)에 입력되고, 정류기(rectifier), 윈-브리지 발진기(wejn bridge O.S.C.), 푸시풀 증폭기(push-pull amplifier)를 통하여 자이로콤파스의 구동전원인 55V/400Hz, 115V/400Hz, 60V/60Hz로 변환된다.

자이로콤파스의 자이로구(gyro sphere)에는 55V/400Hz가 공급되어 지북(north-seeking) 동작을 하게 되고, 편각신호 증폭기에는 115V/400Hz가 공급되어 추종구와 자이로구 사이의 수평편각을 검출하고 추종전동기(servomotor, SM)를 동작시킨다. 가열램프(heating lamp)와 냉각 팬(cooling fan)에는 60V/60Hz가 공급되어 지지액(sup

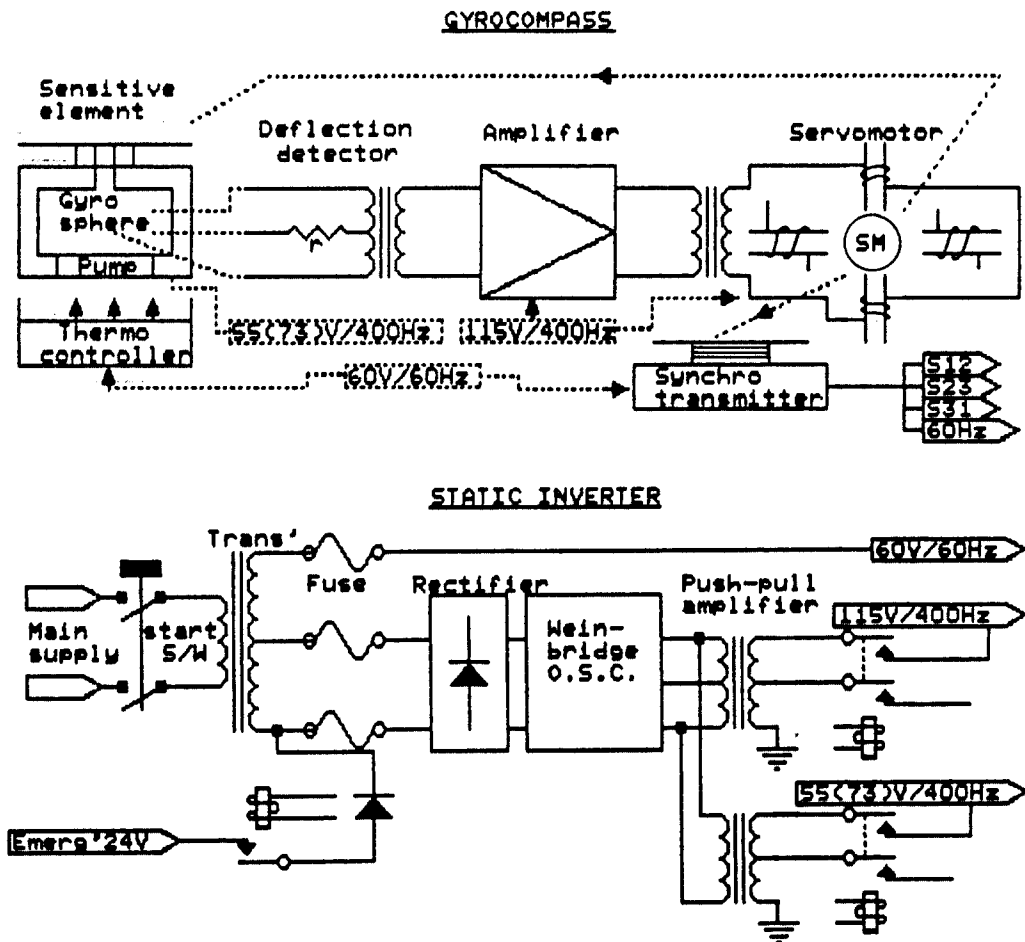


Fig.2 Functional block diagram of the experimental installations

poting liquid)의 온도가 $52^{\circ}\text{C} \pm 2$ 로 유지되므로 자이로구의 위치가 안정된다.

2.2 진단 파라미터의 선정

자기진단 알고리즘을 구성하는 진단 파라미터는 실험장치의 신호 전달계통을 고려하여 선정하고, 선정된 진단 파라미터의 상한 기준치와 하한 기준치는 정상동작시의 출력신호 특성을 분석한 후 실험장치의 제작 회사가 발표한 진단표(check list)에 기록된 각 신호의 변동 허용오차를 참고하여 설정하였다.

여러가지의 신호형태를 갖는 진단 파라미터를 입력허용 신호가 0~10Vdc의 아나로그 신호와 TTL 레벨의 디지털 신호뿐인 A-D/D-A 컨버터로 전송하기 위해서는 신호변환 과정을 거쳐야 한다. 신호변환은 우선, 각 진단 파라미터를 아나로그 신호 또는, 디지털신호로 변환할 것인지를 선별한 후 각 신호특성에 적합한 신호 변환회로로 구성된 인터페이스를 통하여 변환시켰다. 각 진단 파라미터의 값은 계산이 편리하도록 신호 변환회로의 감쇄율과 증폭율을 조절하여 임, 출력

비율이 일정한 정수배가 되도록 하였다.

신호 변환회로를 통과하기 전의 각 진단 파라미터의 상한 기준치와 하한 기준치의 값을 Table 1과 Table 2의 "Actual value"에 나타내었고, 신호 변환회로를 통과한 후의 값을 "Translated value"에 나타내었다. Table 1은 0~10Vdc의 아나로그 진단 파라미터를 나타내고, Table 2는 TTL 레벨의 디지털 진단 파라미터를 나타낸다.

3. 인터페이스이 개발

자기진단 인터페이스는 진단용 인터페이스와 동특성 측정용 인터페이스로 구성되어 있다. 인터페이스를 통하여 변환된 신호들은 A-D/D-A 변환기(A-D/D-A converters, PCL-812)¹¹⁾의 각 채널로 전송되어 실험장치의 진단 파라미터로 이용된다.

3.1 진단용 인터페이스

진단용 인터페이스는¹²⁾⁻¹⁴⁾는 18개의 검출기와 신호조절기 그리고 2개의 온도센서로 구성되어

Table 1 Analog parameters

Ch.No	Description	Actual value	Translated value
AI0	Main supply secondary volt	23.0~28.0Vac	4.6~5.6Vdc
AI1	Rectifier(N1) volt	30.0~38.0Vdc	6.0~7.6Vdc
AI2	OSC(400Hz) output volt	2.5~ 2.9Vac	2.7~3.3Vdc
AI3	Push-pull Amp volt (U)	12.0~15.0Vac	4.0~5.0Vdc
AI4	Push-pull Amp volt (D)	12.0~15.0Vac	4.0~5.0Vdc
AI5	Output current (in normal)	0.42~0.51Aac	4.2~5.1Vdc
	" (in 50sec.)	0.42~0.74Aac	4.2~7.4Vdc
AI6	Output volt (55/73V)	55.0~73.0Vac	5.5~7.3Vdc
AI7	Sphere current(in normal)	160~240mAac	3.2~4.8Vdc
	" (in 50sec.)	320~420mAac	7.4~8.4Vdc
AI8	Pump current	78~ 82mAac	2.4~2.9Vdc
AI9	Co.error output volt	1.5~23.0Vac	0.5~7.7Vdc
AI10	Tachog' output volt	2.5~10.0Vac	1.2~5.0Vdc
AI11	Room temperature range	0°C~100°C	1.0~5.0Vdc
AI12	Liquid temperature range	0°C~100°C	1.0~5.0Vdc
AI13	Synchro output(Head' LSB)	0~60Vac	0.0~8.96Vdc

Table 2 Digital parameters

Ch No	Description	Actual value		Translated value	
		normal	abnormal	normal	abnormal
DI0	Start S/W(B2)	ON	OFF	H	L
DI1	Emergence 24Vdc	0Vdc	24Vdc	L	H
DI2	OSC(400Hz)	2.7Vac	0Vac	L~H	L
DI3	Supply disturb'	0Vdc	<4Vdc	L	H
DI4	60V/60Hz Output	64~66Vac	0Vac	H	L
DI5	Half Lamp	0.61Aac	0Aac	H	L
DI6	All Lamp	1.21Aac	<1.21Aac	H	L
DI7	Heading(MSB)			L~H	L

여러형태의 신호를 ±10Vdc의 아나로그 신호와 TTL 레벨의 디지털 신호로 변환한다. 18개의 검출기와 신호조절기는 다음과 같은 회로들을 신호형태에 따라 직렬로 접속하여 제작하였다.

1) 정류회로(rectifier) : 브릿지정류기로 구성된 전파정류기는 5V 이상의 전압정류에 사용하고, 연산증폭기로 구성된 전파정류기는 순방향 문턱전압(diode cut-in voltage)의 변화와 온도 드리프트(-2~3mV/°C)의 영향을 받지않기 때문에 1V 이하의 소진폭 신호의 정류에 사용하였다.

2) 분압기(voltage divider)¹⁵⁾ : 신호를 A-D/D-A 변환기의 입력 허용전압(±10V) 이내의 값으로 조절할때 사용하였다. A-D/D-A 변환기로 전압을 측정하는 경우 입력 측정범위의 상한치(full-scale) 부근에서 측정하는 것이 오차가 작으므로 분압기의 출력신호가 가능하면 상한치 근방의 값이 되도록 조절하였다.

3) 자동증폭회로(differential amplifier) : 입력된 두신호의 차를 검출하거나, 기준전압이 다른 신호들을 공통접지점(common ground)을 기준전압으로 하는 차신호로 변환하기 위해 사용하였다.

4) 연산증폭기(operational amplifier) : 미소진폭 신호를 일정한 배율로 증폭하거나, 기준전압을 조절하여 입력신호에 포함된 불필요한 직류성분을 제거하기 위하여 사용하였다.

5) 전압 콤파레이터(voltage comparator) : 입력

신호전압을 기준전압과 비교하여 TTL 레벨의 디지털 신호로 변환한다.

6) 슈미트회로(schmitt trigger) : 기계적 접점의 ON/OFF 시에 발생하는 불안정한 신호를 불감대폭에 가두어 안정되도록 하였다.

7) 버퍼(buffer) : 입, 출력 임피던스 정합과 허용치 이상의 출력을 단속하여 A-D/D-A 변환기의 입력단을 보호하게 하였다.

8) 온도센서(thermo sensor) : 0°C~100°C 범위의 온도를 이에 비례하는 4~20mAdc의 정전류(current source) 신호로 출력하게 된다.

3.2 동특성 측정용 인터페이스

Fig.3은 동특성 측정용 인터페이스의 구성도이다. 동특성 측정용 인터페이스에 입력되는 자이로콤파스의 방위신호는 발신동조모터(transmission synchomotor)에 의하여 외부로 전송되며 전송신호의 형태는 60Hz에 변조된 3상신호가 된다.¹⁶⁾ 이 신호는 동특성 측정용 인터페이스의 3상 전송회로(3-phase transmitter)에 입력되어 입, 출력 접지가 분리되고 60Hz 이외의 잡음이 억제되며 전압 콤파레이터(voltage omparator)와 60Hz 복조회로(60Hz demodurator) 그리고 3상 판별회로(3-phase discriminator)를 통해서 1/6°의 분해능을 갖는 방위 계수신호로 변환된다. 변환된 방위 계수신호는 업/다운 판별회로(up/down dis-

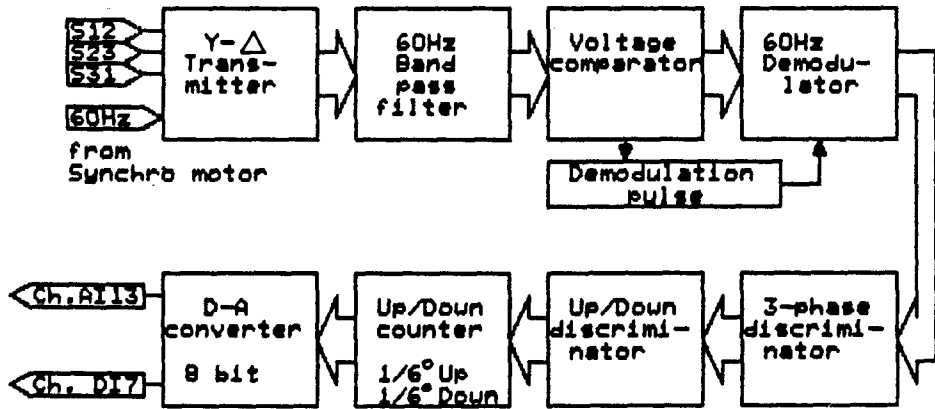


Fig.3 Block diagram of the dynamic characteristics-test interface

criminator)와 업/다운 계수기(up/down counter)를 통해서 000°~359°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.

4. 자기진단 프로그램의 개발

자기진단 프로그램은 Advantech 회사가 1989년에 개발한 "Control E-G" 패키지를 이용하여 작성하였다. 자기진단 프로그램은 실험장치를 작동한 후 약 2시간까지의 불안정한 초기상태를 진단하는 프로그램과 그 이후부터의 안정한 정상상태를 진단하는 프로그램으로 구성되어 있다. 이러한 진단 프로그램은 진단 파라미터들 사이의 유기적인 관계를 분석한 자기진단 알고리즘(self-test algorithm)^{17)~22)}을 개발한 후 이를 토대로 작성하였다.

4.1 초기상태 알고리즘

초기상태 알고리즘은 22개의 진단 파라미터를 진단하여 그 상태를 막대 그래프(bargraph)와 공간그래프(spacegraph)로 나타내므로 모든 파라미터의 상태를 쉽게 알수 있도록 하고, 초기 2분간 독특한 변화를 나타내는 55(73)/400Hz 전압(AI6)

과 자이로 구동전류(AI7) 그리고 펌프전류(AI8)의 데이터를 2분간 X-Y 그래프 형식으로 표시하여 자이로구의 상태와 정전원변환기의 상태를 진단하며, 20분동안에 온도의 상승, 하강 작용을 측정할 수 있는 자이로컴파스 온도 제어시스템의 실내온도(AI11)와 지지액 온도(AI12)에 관한 데이터를 20분동안 X-Y 그래프로 표시하여 온도 제어시스템의 동작상태를 진단하게 된다. 따라서 초기상태 알고리즘은 자이로컴파스와 정전원변환기의 초기 동작상태가 정상인지를 파악하므로써 20분 이후에도 정상적으로 동작할 것인지를 판단하게 한다. 또한, 자이로컴파스의 방위 데이터를 2시간 동안 X-Y 그래프 형식으로 표시하여 동특성도 계산할 수 있도록 한다.

4.2 정상상태 알고리즘

정상상태 자기진단 알고리즘은 실험장치의 상태가 어느정도 안정된 2시간이후 부터 진단을 시작하여 비정상인 파라미터만을 검출하게 된다. 이 알고리즘은 정전원변환기 진단 알고리즘, 자이로컴파스의 온도 제어시스템 진단 알고리즘, 자이로컴파스의 주동부 진단 알고리즘으로 구성되어 있으며, 각 알고리즘은 2분 30초의 순환적인 주기로 진단이 되도록 서로 연결되어 있다.

진단 과정에서 비정상인 진단 파라미터가 검출되면 순환루프(recursive loop)가 작동되면서 고

장원인이 제거될 때까지 고장내용을 표시하게 된다. 각 진단 파라미터에는 신호의 전달 계통을 고려한 순위(priority)를 정하여 상위순위의 진단 파라미터는 하위순위의 진단 파라미터에 우선하여 진단이 되도록 하므로써 상위순위 진단 파라미터의 고장상태가 제거된 후에 다음 순위의 진단 파라미터가 진단 되도록 하였다. 따라서 고장 원인이 정확하게 검출될 수 있다.

5. 실험

초기상태 자기진단 프로그램을 실행하면 A-D /D-A 컨버터의 초기값이 설정되면서 약 20분간 실험장치의 초기상태를 진단한 후 약 1시간 40분에 걸쳐 자이로컴파스의 동특성을 측정하게 된다.

초기진단 결과를 확인한 2시간 이후에는 정상상태 자기진단 프로그램이 실행되면서 2분 30초의 주기로 실험장치의 정상상태를 순환적으로 계속 진단하게 된다.

자기진단 시스템의 진단기능을 점검하는 방법으로는 실험장치의 기능 중에서 고장발생 가능성이 높은 부분을 선정하고, 인위적으로 그 기능을 실행하는 중요회로를 절단하거나 부품을 제거, 파손하였을 때의 결과와 실험장치가 정상동작할 때의 결과를 서로 비교하여 평가하였다.

본 논문에 수록된 실험결과는 하드카피(hard copy)용 패키지인 "Pizza"를 이용하여 화면의 내용을 프린터로 출력한 것이다.

5.1 초기상태 진단결과

초기상태 진단에서는 실험장치 작동 후 약 20분 이내에 독특한 변화를 측정할 수 있는 파라미터를 시간경관 순서로 진단하여 실험장치가 계속 정상동작할 것인지를 판단하게 된다.

Fig. 4와 Fig. 5는 실험장치를 동작시킨 직후의 모든 파라미터 상태를 그래프로 표시한 것으로, 쉽게 실험장치의 전체적인 상태를 알 수 있도록 한다. Fig. 4는 실험장치를 동작시킨 후 10초동안 막대 그래프(bargraph)로 표시한 모든 아날로그 파라미터로, 각 막대 그래프의 상부에 표시된 문자는 파라미터의 내용을 표시하고, 막대의 크기와

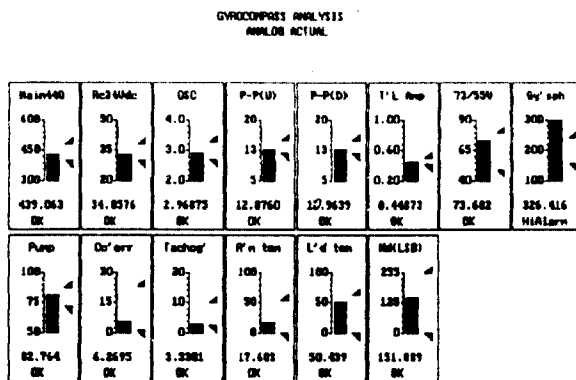


Fig. 4 Analog parameter bargraph

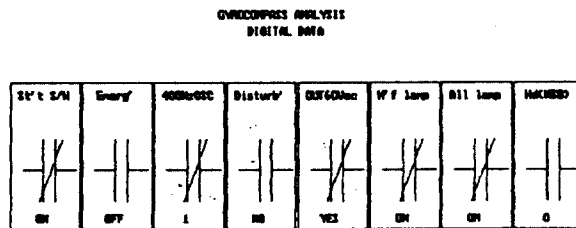


Fig. 5 Digital parameter spacegraph

숫자는 파라미터의 값을 표시한다. 파라미터의 값이 정상일 때는 막대가 상한값 표시 (▲)와 하한값 표시 (▼)사이에서 위치하고 "OK" 문자가 표시되며, 상한값 이상일 때는 "HiAlarm" 문자가, 하한값 이하일 때는 "LoAlarm" 문자가 표시되어 쉽게 각 파라미터의 상태를 알 수 있다. 여기서, 자이로구("Gy' sph", Gyro sphere)의 전류값을 표시하는 첫째줄 마지막 막대 그래프는 비정상임을 나타내는 "HiAlarm" 문자가 표시되어 있는데 이 원인은 Fig. 6의 결과에서 설명되어진다.

Fig. 5는 Fig. 4가 표시된 후 10초동안 공간 그래프(spacegraph)로 표시한 모든 디지털 파라미터로, 각 공간 그래프의 상부에 표시된 문자는 파라미터의 내용을 표시하고, High 레벨의 파라미터는 공간에 사선이 표시 (—/—)되고 Low 레벨의 파라미터는 사선없는 공간 (—|—)이 표시된다. 하부의 문자(NO, YES, ON, OFF)는 파라미터의 상태를 나타내고, 숫자는 High 레벨이 "1"로

Low 레벨이 "0"로 다시 표시되어 파라미터의 상태를 쉽게 알 수 있다. 여기서, 첫번째 공간그래프의 표시내용은 자이로콤파스의 기동스위치 접점("St't S/W", start switch) 상태가 High 레벨이며 이때 스위치는 ON 되었음을 의미한다.

Fig. 6은 실험장치 작동 후 2분이내에 독특한 변화를 하는 55(73)V/400Hz 전원의 변화와 이를 작동전원으로 하는 자이로구 전류변화의 상태를 표시한 것이고, 아울러 펌프의 전류변화를 표시한 것이다. 여기서, 실험장치는 정상적으로 동작할 때 55(73)V/400Hz 전원이 정전원변환기에 있는 50초 지연회로의 작동으로 인하여 초기 50초 동안은 73V/400Hz가 출력되고 그 이후에는 55V/400Hz가 출력되도록 설계되어 있다. 그런데 Fig. 6에 나타난 결과를 보면, 55(73)V/400Hz의 출력전압(그림의 "73/55V")이 초기 20초동안만 고전압이 되고, 이에 따라 자이로구에 흐르는 전류(그림의 "Gy' spher")도 변화를 하고 있으므로 50초 지연회로의 시상수(time constant)가 20초로 변한 것을 알 수 있다. 또한, 공급전압에 따라 전류가 변화되는 현상으로부터 자이로구의 전기적 연결상태와 지지액의 전기전도 상태가 정상임을 알 수 있다. 펌프전류(그림의 "Gy' pump")는 시간에 따라 변하지 않는 일정한 60V/60Hz가 공급되어 일정한 값을 유지하는 것이 정상이므로 실험결과로부터 지지액을 분사하여 자이로구에 부력을 주는 펌프가 정상임을 알 수 있다.

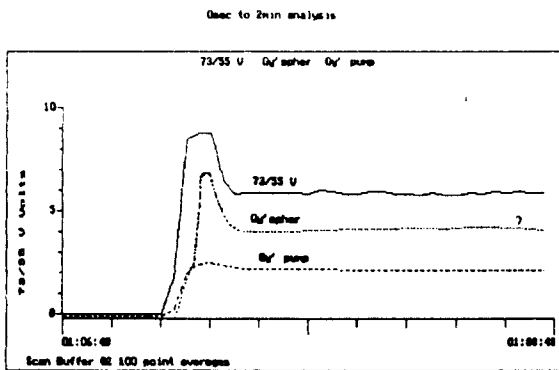


Fig. 6 X-Y graph from 0 min. to 2 min.

Fig. 7은 실험장치 작동 후 20분이내에 실내온도와 지지액 온도의 상승, 하강 변화를 측정하여 자이로콤파스 온도 제어시스템의 작동상태가 정상인지를 진단하게 된다. 측정결과로부터 실내온도(그림의 "R'm tem")는 일정하고 지지액온도(그림의 "L'd tem")는 약 16분의 주기로 상승, 하강하므로 온도 제어시스템의 기능이 정상적으로 작동되어 지지액의 온도가 조절되고 있음을 알 수 있다. 이때, 자이로구 전류(그림의 "Gy' spher")와 펌프전류(그림의 "Gy' pump")는 변화없이 일정한 값을 유지하고 있으니 지지액의 온도가 하강할 때(화살표시한 지점) 전류가 약간 변동하는 것을 알 수 있다. 이것은 가열램프가 OFF 될 때 발생한 정전원변환기의 전원변동 때문으로 사료되며 정상동작에는 영향을 미치지 않는다.

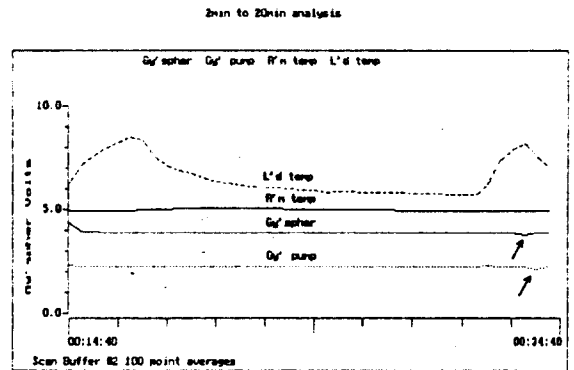


Fig. 7 X-Y graph from 0 min. to 20 min.

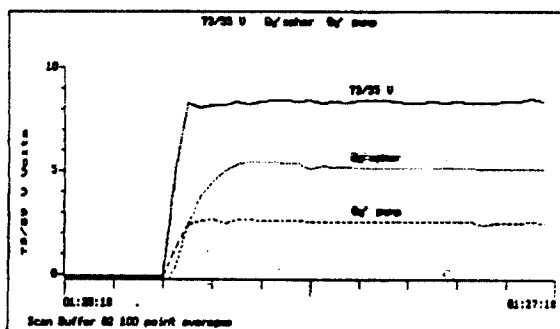
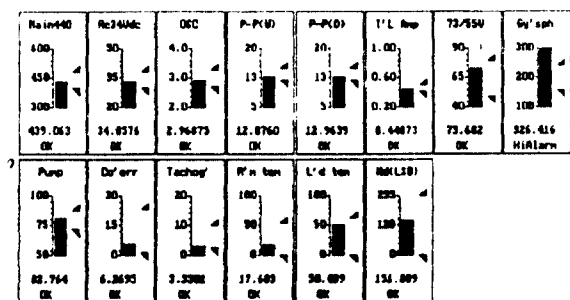
이상의 초기상태 진단결과를 종합해 보면, Fig. 4와 Fig. 5의 결과로부터 자이로구의 전류값을 제외하고 모두 정상적인 상태임을 알 수 있고, Fig. 6의 결과로부터는 자이로구의 전류가 초기 10초동안 비정상인 원인과 자이로구의 상태 및 펌프의 상태를 알 수 있으며, Fig. 7로부터는 온도제어시스템이 정상적으로 작동하고 있음을 알 수 있다. 따라서 실험장치는 자이로콤파스의 안정시간이 다소 지연될 뿐 그외는 모두 정상적으로 동작할 것임을 알 수 있다. 아울러 시간변화에 따른 각 파라미터의 변화를 측정하여 진단하므로 진단 결과에 대한 신뢰성이 높다는 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 초기상태 자기진단 기능을 검정하기 위하여 인위적으로 정전원변환기 회로에 있는 50초 지연회로를 고장낸 후 진단한 결과로, 파라미터의 막대 그래프(a)를 보면, 55(73)V/400Hz 파라미터(그림의 "73/55V")가 정상(55V)보다 높은 73.68V의 전압으로 되어 있고, 이에따라 자이로구의 전류(그림의 "Gy' sph")도 상한값 이상임을 알리는 "HiAlarm" 경보가 표시되어 있다. X-Y그래프(b)를 정상일 때의 결과인 Fig. 6과 비교해 보면, "73/55V" 파라미터의 값이 초기 약 50초후에도 변동없이 고전압을 유지하고, 이에따라 자이로구의 전류(그림의 "Gy' sph")도 일정하게

유지되고 있으므로 50초 지연회로가 고장임을 알 수 있다. 60V/60Hz로 동작하는 펌프의 전류(그림의 "Gy' pump")는 변동없이 일정한 값을 유지하고 있으므로 정상임을 알 수 있다. 따라서 개발한 진단 시스템이 고장원인을 정확하게 검출해낼 수 있음을 이 실험으로 부터 알 수 있다.

5.2 동특성 측정결과

Fig. 9는 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



(a) GYROCOMPASS ANALYSIS ANALOG ACTUAL

(b) Gyr to 24in analysis

Fig. 8 The results of 50sec. delay-circuits fault

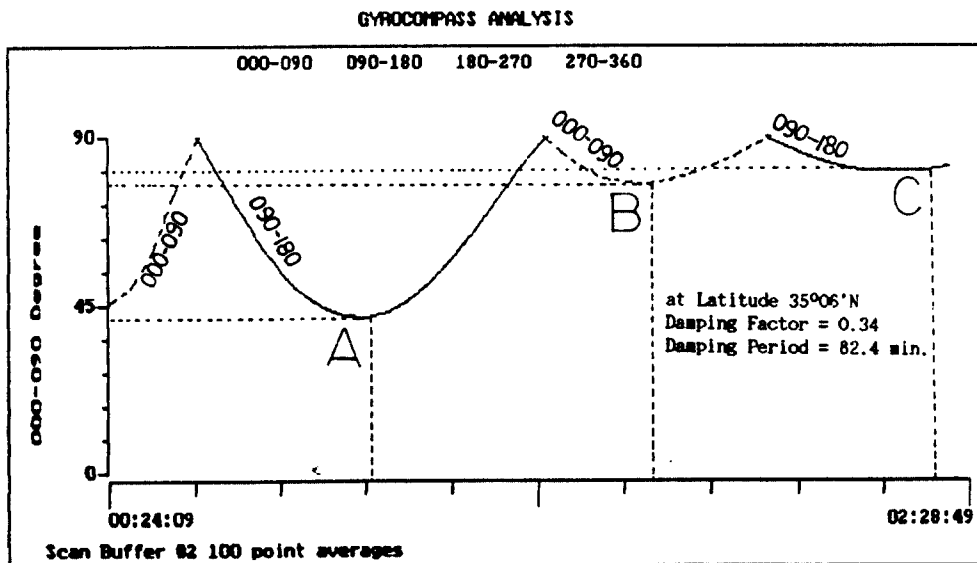


Fig. 9 The results of dynamic characteristics-test in 2 hours

00°~90°를 기록범위로 하였다. 90°씩 4단계로 구분된 000°~360°의 방위는 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.

실험장치의 진동주기와 댐핑팩터(Damping Factor, DF)를 구하면, 각 지점은 41.2분의 등간격으로 측정되므로 진동주기는 82.4분이 되고, DF는 다음식²³⁾으로 부터 0.34가 된다.

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

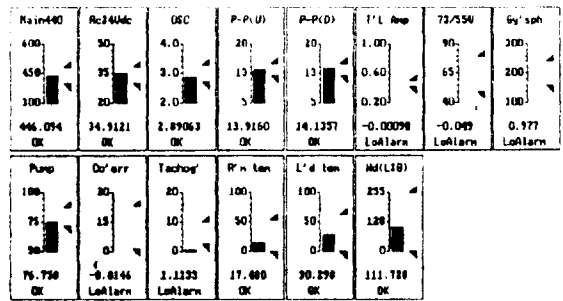
위의 결과로 부터 위도 35° 06'N인 부산에서는 진동주기가 82.4분, DF는 0.34로 측정되었다. 여기서, 독일 Anschütz 회사가 제작한 자이로콤포스(standard-6)는 표준 위도 54°에서 진동주기 84.5분, 0.30의 DF으로 설계되어 있으며, 일반적으로 진동주기는 위도가 낮을 수록 짧아지고, DF는 위도가 낮을 수록 커진다는 사실을 고려할 때 위의 실험결과는 거의 타당한 값을 추측할 수 있다. 여기서 동특성 측정의 목적은 실험장치가 정상적으로 동작할 것인지를 판단하는 보조 수단으로 이용할 뿐이므로 정해진 위도에 있어서의 진동주기와 DF의 정확한 계산은 고려하지 않았다.

5.3 정상상태 진단결과

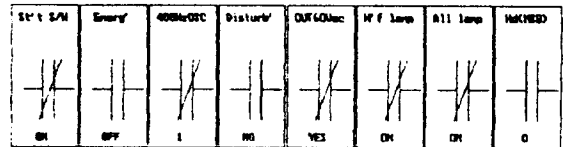
실험장치를 작동시킨 2시간 이후부터는 정상상태 자기진단 프로그램이 실행되어 2분 30초의 주기로 계속 진단하게 된다. 진단결과는 "Comment"란에 문자로 표시되고, "Action"란에는 프로그램의 진행상태가 표시된다. 비정상인 파라미터가 검출되면 순환루프(recursive loop)가 작동되면서 비정상원인을 제거시킬 때까지 그 내용이 표시된다.

Fig. 10은 정전원변환기의 진단 파라미터 중에서 출력단 변압기(transformer, M2)의 출력선을 절단하였을 때의 결과로, 정전원변환기의 자기진단 프로그램 22번 단계까지 실행된 결과 출력단 변압기(M2)가 고장났음을 표시하고 있다. 진단결

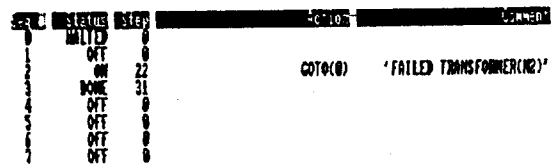
과를 검정하기 위하여 이때의 아나로그 진단 파라미터 막대그래프(a)를 보면, 정전원변환기의 주전원(그림의 "Main 440")부터 푸쉬풀 증폭기(그림의 "P-P(U)"와 "P-P(D)")까지는 정상이지만 그 이후의 진단 파라미터는 비정상임을 나타내고 있다. 특히, 55(73)V/400Hz의 출력전류(그림의 "TL Amp")가 0.0 암페어로 전혀 흐르지 않고 있음을 알 수 있다. 또한, 디지털 진단 파라미터의 공간 그래프 (b)는 모두 정상이므로 출력단 변압기(M2)의 고장을 표시한 진단결과가 옳바른 것임을 알 수 있다.



(a) CYROCOMPRESS ANALYSIS ANALOG ACTUAL



(b) CYROCOMPRESS ANALYSIS DIGITAL DATA



므로 비정상인 파라미터로부터 야기될 수 있는 실험장치의 고장을 미연에 방지할 수 있다.

6. 결 론

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

1) 인터페이스를 설계, 제작하고 진단 프로그램을 개발하여 단일 계측장비 형태로 된 자이로콤파스의 자기진단 시스템을 구성하였다.

2) 통산 자이로콤파스를 시동시킬 때 작동상태를 확인하는데 4시간 이상이 소요되던 것을 약 20분 이내로 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 독일 Anschütz 회사의 자이로콤파스(standard-6, type 110-203)를 진단할 결과 안정시간이 다소 지연될 뿐 그외는 모두 정상적으로 동작할 것임을 알았고, 동특성은 진동주기가 82.4분이고 댐핑팩터는 0.34로 측정되었다. 정전원변환기(type 121-039)는 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,” Edward Arnold, 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. 飯島幸人, 萩原秀樹, 葛西宏直, “知識ブースシステムおを用いた自動避航操船實驗,” 日本航海學會論文集, 第83號, pp.277-278, Sept. 1990
7. 松村尚志, 稻石正明, 田三郎, 今津準馬, 杉崎昭生, “船舶航行エキスパートシステムの基礎研究,” 日本航海學會論文集, 第81號, pp. 31-38, Sept. 1989
8. Standard Gyrocompass Type 110-203 Instruction, Anschütz, Kiel, 1979
9. Static Inverter Type 121-039 Instruction, Anschütz, Kiel, 1979
10. 이상집, “자이로기기해설,” 아성출판사, 부산, pp.149-166, 1988
11. PCL-812 Enhanced Multi-Lab Card user's manual, Advantech Co.,Ltd., U.S.A., 1989
12. 이상집, 임정빈, “디지털형 전자유도식 선속계에 관하여,” 한국항해 학회지 제14권 제3호, pp. 1-14, 1990
13. 이상집, 임정빈, “원격지시식 자기콤파스에 관한 연구(I),” 한국항해 학회지 제10권 제1호, pp. 81-100, 1986
14. 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
15. J.J.Carr, “Elements of Electronic Instrumentation and Measurement,” Reston Publishing Co., Inc., Virginia, pp.33-70, 1979
16. E.J.Wightman, “Instrumentation in process control,” Butterworth & Co., London, pp.104-107, 1978
17. A.Dabrowski and G.S.Moschytz, “Direct Analysis of Multiphase Switched-Capacitor Networks Using Signal-Flow Graphs,” IEEE Trans. on Circuits and Systems, Vol.37, pp.594-607, May 1990
18. 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,” 電子情報通信學會論文集, Vol. J74-D-1 No.2, pp. 137-145, Feb. 1991
19. 梶爪正樹, 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,” 電子情報通信學會論文集, Vol.J73-D-1 No.7, pp.621-629, July 1990
20. J.S.Albus, “Outline for a Theory of Intelligence,” IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.21 No.3, PP.473-510, May/June 1991
21. 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
22. M.S.Mahmoud, S.Z.Eid, and A.A.Abou-El-soud, “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
23. J.Klinkert, W.Burger, and A.G.Corbett, “Marine Gyrocompasses,” Routledge & Kegan Paul Ltd., London, pp.10-23, 1976.