

Heeling Compensation System 개발에 관한 연구

유 영 호*

A Study on the Development of Heeling Compensation System for Ship

Yung- Ho, Yu

Abstract

Recently loading and discharging time of ship's cargo is shorter and shorter while manning rate of ship is smaller and smaller, so sudden changes of heeling of ship during the ship being along side the berth are often occurred. These make the necessity to control the heeling of ship automatically.

In this paper author develops microprocessor systems to control the heeling of ship always being even automatically and to monitor the status of ship by the computer.

1. 서 론

최근 선박의 하역장치의 발달로 선박이 부두에 접안하여 하역작업을 하는 시간이 단축됨에 따라 경사각이 급격하게 변화되는데 반하여 자동화로 인한 승조원의 감소로 밸러스트를 종래와 같이 수동으로 조작하여 경사각을 조종하는데는 많은 어려움이 따르게 되었다. 따라서 하역작업 동안 경사각을 자동으로 제어하는 장치의 필요성이 크게되어 최근에는 컨테이너선을 시작으로 Heeling compensation system을 탑재하는 선박은 날로 증대되어 가고 있다.

본 연구에서는 Intel 8x96계열의 16 bit Embedded Controller를 이용하여 선박의 경사각을 자동으로 제어하는 시스템을 개발하고 범용 PC에 의해 감시될 수 있는 시스템의 개발을 목적으로 한다.

시스템은 Heeling gage로 부터 경사각을 입력하여 자동으로 밸브를 조작하고 펌프를 구동하여 경사를 조정한다. 밸브나 펌프의 오동작이나 오조작이 발생한 채로 펌프의 구동을 막고 시스템의

* 한국해양대학교 제어계측공학과 조교수

신뢰성을 높이기 위해 밸브와 펌프의 상태를 입력하여 확인 후에 조작토록하고 오동작 또는 오조작이 발생하는 경우에는 원인을 알려주므로서 수리시간을 단축케 하였다. 또한 직렬포트를 통하여 시스템의 데이터를 개인용 PC에 전송하여 감시가 가능토록 하였다.

2. 선박의 Heeling 특성

Fig. 2.1은 파도에 의해 선박이 요동할 때 Heeling Compensation Tank(HCT)의 물과 선박의 요동이 동기 될 때의 각 상태를 나타낸 것으로 1의 상태에는 선박이 Port쪽 최대의 기울기일 때 HCT의 물은 최대의 속도로 Port쪽으로 이동한다.

3의 경우에는 선박의 경사각(ϕ)이 EVEN에서 STBD쪽으로 커질 때 HCT의 물은 Port쪽에 있으므로 선박의 STBD쪽으로는 경사각속도($\dot{\phi}$)는 감소된다. ϕ 가 STBD쪽으로 이동하면 HCT의 물은 STBD쪽으로 이동하고 5의 상태가 되어 ϕ 가 STBD최대가 되면 HCT물은 EVEN이되며, ϕ 가 Port쪽으로 이동하면 HCT의 물은 STBD쪽으로 이동하여 경사각 속도 $\dot{\phi}$ 는 점점 작아져 경사를 억제한다. 따라서 HCT내의 물이동과 선박의 요동이 동기되는 경우에는 Rolling억제력이 발생하므로 동기를 검출하여 동기되도록 공기밸브를 조작하는 방법을 사용할 수도 있다. HCT내의 물과 선박의 Rolling이 동기 되지 않는 경우에는 Fig. 2.2와 같이 공기 밸브의 개폐를 조정하여 HCT내의 물이동을 조절하므로서 동기시킬 수 있다.

그러나 이 경우에는 선박이 항해하거나 연속적으로 Rolling하는 경우에만 사용되는 것이며 하역 작업등으로 인하여 경사가 발생하는 경우에는 적용하기 어렵다. 따라서 이 경우에는 강제적으로 HCT내의 물을 펌프에 의해 이동하는 방법을 적용한다.

선박이 항해중 해면과의 경사각 ϕ_{Sea} 에 의해 발생하는 모멘트 M_{Sea} 는

$$M_{Sea} = D * \overline{GM} * \sin \phi_{Sea} \quad (2.1)$$

where D ; displacement of the vessel in tons

\overline{GM} ; metacentric height corrected for all free surfaces except those caused by the HCT

ϕ_{Sea} ; effective wave slope of the wave attacking the vessel

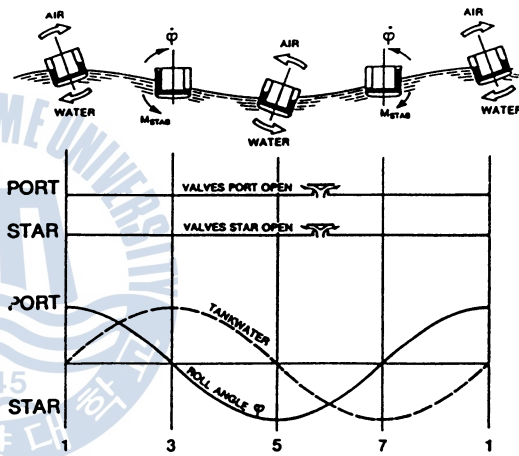


Fig. 2.1 Phase Cycle of Ship and HCT in Resonance

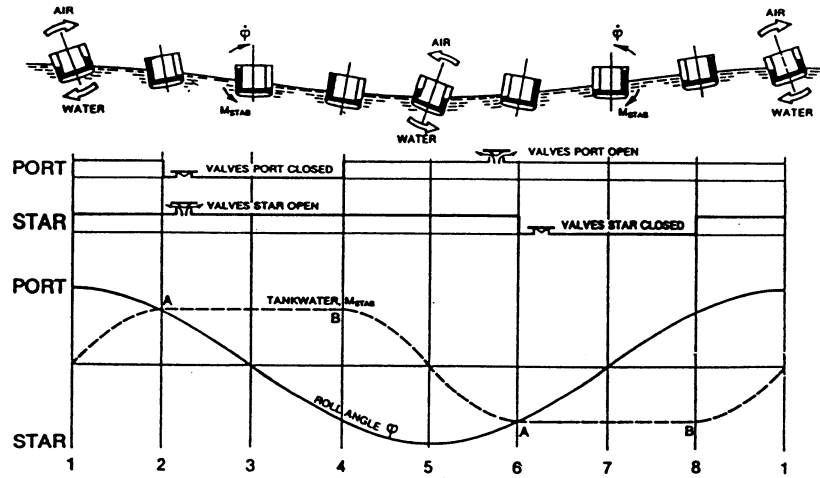


Fig 2.2 Valve Control when Phase Cycle for roll periods longer than natural period of HCT

이고 HCT에 의해 발생하는 Rolling을 억제하는 모멘트 M_{Stab} 는

$$M_{Stab} = D * \overline{GM} * \sin \phi_{Stab} \quad (2.2)$$

where D ; displacement of the HCT water

\overline{GM} ; metacentric height corrected for all free surfaces except those caused by the HCT

ϕ_{Stab} ; effective HCT water slope by the wave attacking the vessel 이 된다.

3. 시스템의 구성

본 연구에서 개발한 시스템은 Fig 3.1과 같이 구성되어 있다.

Operating Panel은 시스템을 운용하는 Skin Board이며, Status input은 밸브, 펌프의 상태를 입력하여 오조작, 오동작을 방지하고 시스템의 신뢰성을 높인다.

Control output은 밸브, 펌프를 동작하는 출력이며 이는 Photo Coupler를 사용하여 구동 AC와 격리하였다. Heeling Angle in/out는 Heeling Gage로 부터 경사각을 입력하고 4-20mA의 신호를 출력하여 별도의 Heeling gage를 구동할 수 있도록 하였다. Communication Port는 시스템의 동작상황을 PC에 의해 감시할 수 있도록 한다.

Fig 3.2는 Operation Board로서 실제 배관선도와 같게하여 조작과 감시를 용이하게 하였고

High Speed Output는 입력된 경사각에 해당되는 PWM의 출력을 내고 PWM 출력은 Photo Coupler에 의해 격리되어 전류변환회로에 의해 4-20mA의 전류신호로 변환되어 Heeling Angle 구동 신호를 출력한다.

Fig 4.1은 전체 S/W의 흐름도이다.

4.1 제어 Mode

제어 Mode는 HSI_0 Routine에 의해 결정된다. 제어 Mode는 Mode_0,1,2,3 으로 4가지가 있으며, Mode_1은 Stop의 상태로 Heeling Compensation을 하지 않고 다만 Heeling Angle을 표시만 한다. Mode_1은 수동제어 Mode로 PBS에 의해 수동으로 Port Shift, STBD Shift를 행한다. Mode_2는 자동Mode로 Heeling Angle에 의해 자동으로 Heeling Compensation Tank (HCT)의 물을 Port, STBD로 이송하면서 Even Heel이 되도록 제어 신호를 출력한다.

Mode_3은 Parameter Setting Mode이다.

선박이 하역작업중에는 파도, 바람 또는 하역작업에 의한 외력에 의해 경사각이 순시적으로 변화하는데 이러한 순시 변화가 있을 때 마다 HCT의 밸러스트를 이송하면 시스템의 고장을 일으킬 우려가 있으므로 제어를 시작하는 경사각이상이 되었을 때만 제어할 필요가 있다. 또한 제어를 계속하여도 한쪽으로 경사각이 증가하여 제어가 되지 않는 이상상태의 경우에는 HCT에 의한 소극적제어로서 불가능하므로 경보를 발하며 제어를 정지하여야 한다. 이러한 각종 제어에 필요한 Parameter를 정하기 위하여 Mode_3은 기존의 경사각표시 LED와 수동 Port Shift PBS (P_SFT; 각도증가)와 STBD Shift PBS(S_SFT; 각도감소), Acknowledge PBS를 이용한다. Fig 4.2는 각종 Interrupt Routine의 구조도이다.

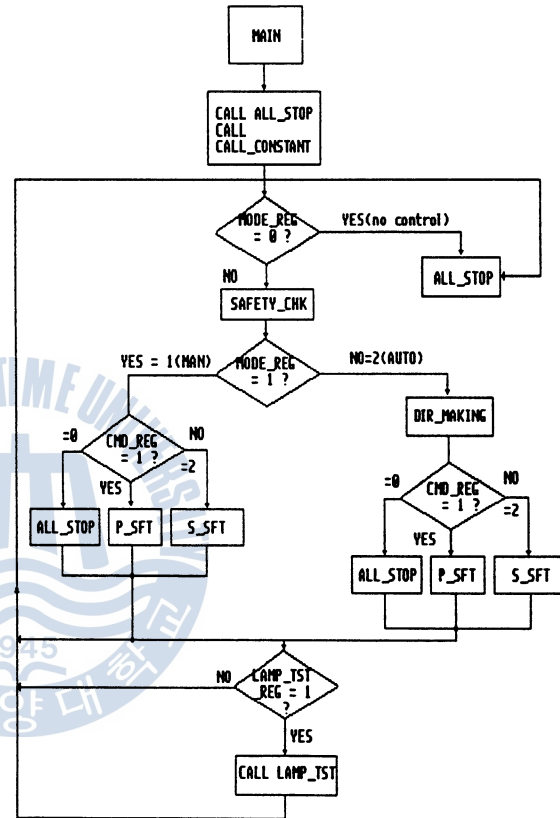


Fig 4.1 Flow Diagram of Heeling Compensation System

4.2 제어출력회로 및 PWM-전류변환회로

Fig 4.3의 윗부분은 Triac을 이용하여 Relay를 사용하지 않고 펌프및 각종 밸브의 Solenoid를 구동하는 회로로서 Photo Coupler에 의해 AC부분을 격리하였다. 아랫부분은 PWM-전류 변환부로 Heeling Angle의 전압을 PWM의 duty값으로 변환하고 HSO에 의해 PWM을 출력한다. PWM은 6N137 Photo Coupler에 의해 buffer되어 OP AMP에 입력하고 전류로 변환된다. 이

유 영 호

회로는 4mA를 출력하는 영점 전압의 세팅에 의해 20mA를 출력하는 전압값이 변하지 않도록 설계되었으며 18V에 의해 구동되므로 높은 임피던스의 계기를 구동할 수 있도록 설계 되었다.

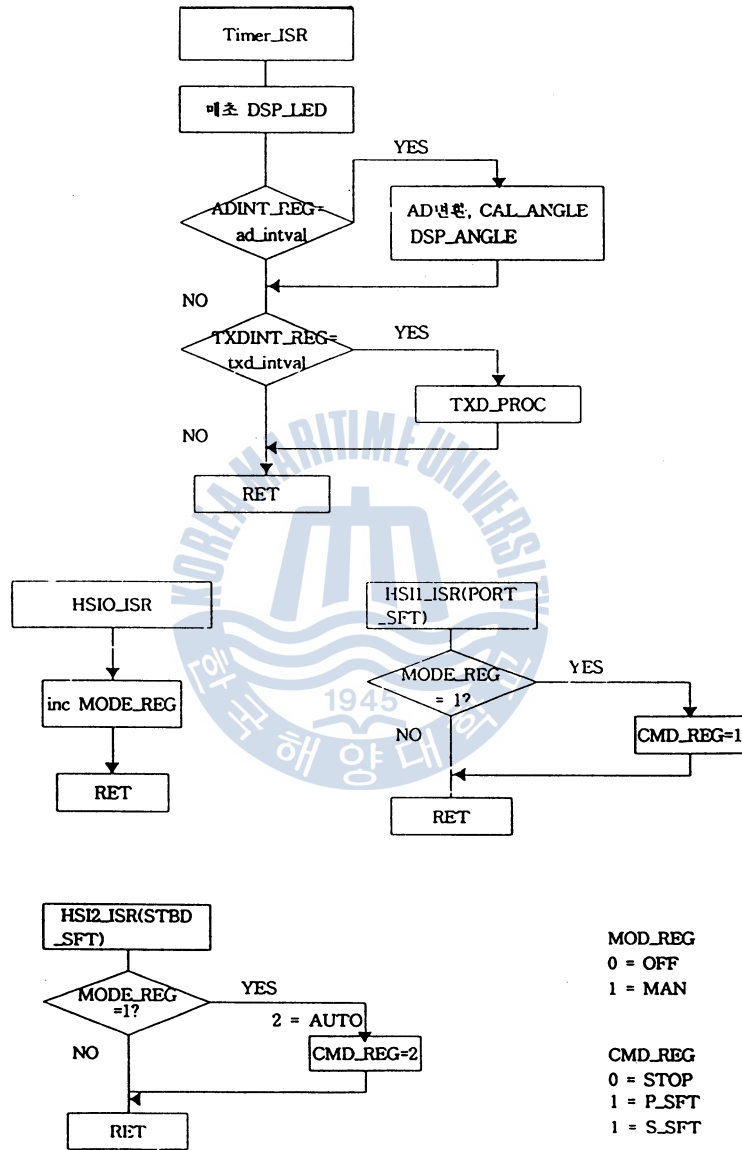


Fig 4.2 Configuration of Interrupt Routine

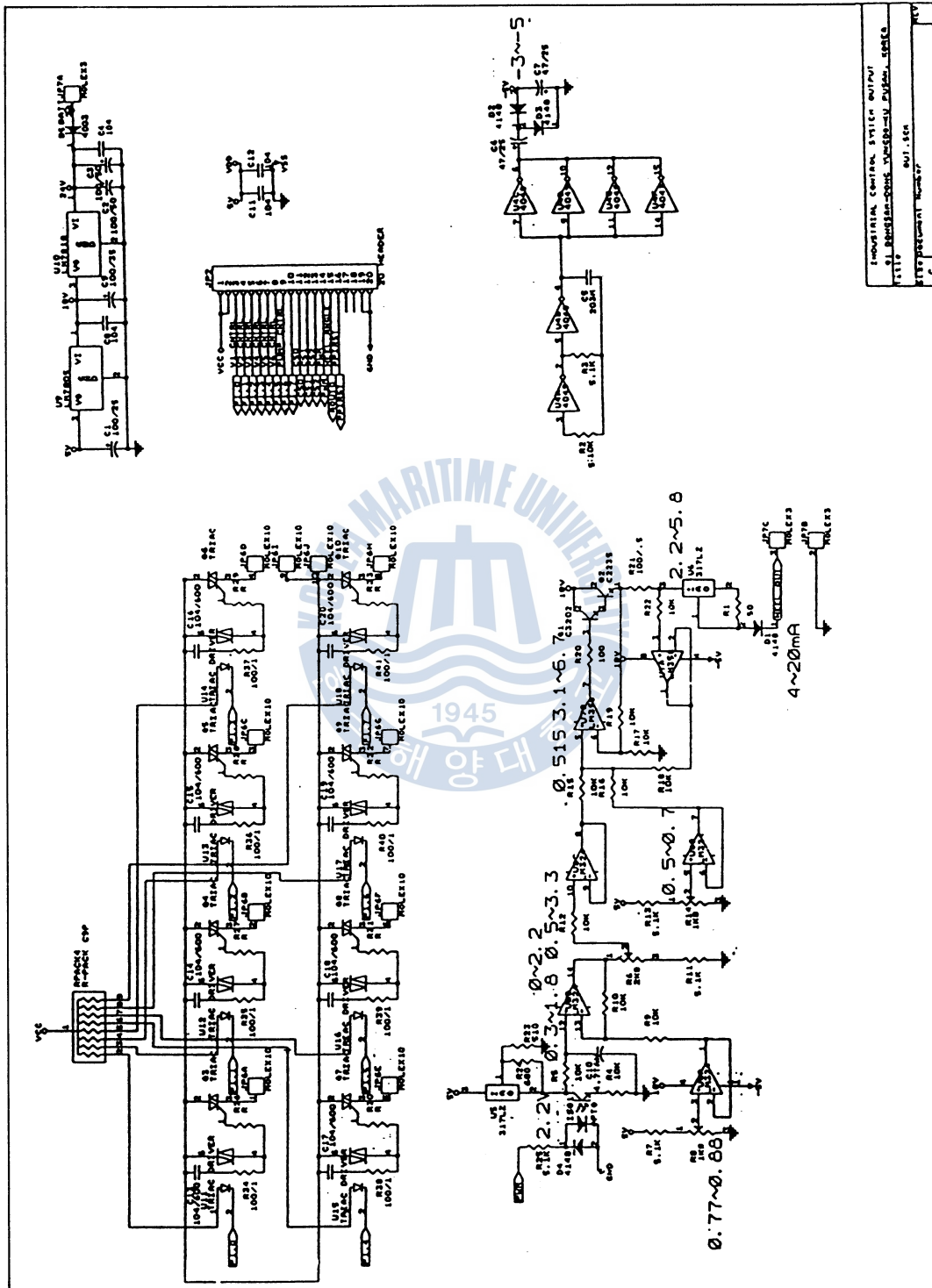


Fig 4.3 Circuit of Control out and Current Converter

INDUSTRIAL CONTROL SYSTEM OUTPUT
 OF HEELING-COMPENSATION SYSTEM, SPSCS
 001.554
 REVISION NUMBER 07
 C

5. 결 론

본 논문에서는 선박이 하역작업 도중에 화물의 불평형에 의한 Heeling을 보상하기 위하여 설계된 Heeling Compensation Tank의 밸러스트를 이송하여 항상 Even이 되도록하는 시스템을 Intel Embedded Controller을 사용하여 H/W와 S/W를 설계 제작하고 Dummy Signal에 의해 실험을 행하였다.

실시간제어가 가능하도록 제어루틴은 Interrupt에 의해 구동되도록 하였으며 Lamp Test, Heeling Angle의 표시, 각종 밸브와 펌프의 표시를 S/W에 의해 구동케 하므로써 H/W의 통일이 가능하였으며 일부 S/W의 변경만으로 선주의 요구를 용이하게 수용할 수 있도록하여 생산성이 높은 Heeling Compensation System을 제작하였다. 또한 PC에 의해 모니터링을 가능케하므로써 기존의 모니터링 시스템에 접속을 용이하게 하였다

참 고 문 헌

1. INTERING, " SISTEMA DE CONTROL DE ESCORA CON BOMBAS"
2. INTERING, "Technical Note for Anti Heeling Control System"
3. UTSUKI, " Technical note for Auto Heeling Control System"
4. Intel, "Data Book for 16-bit Embedded Controllers" 1994
5. Intel, "Embedded Application", 1993/1994