

전력선 통신 및 제어기능을 구비한 원격 밸브 제어시스템 개발

문형순, 김종철, 이병열, 김용백, 김지은

현대중공업 산업기술연구소 자동화연구실*

Development of Remote Valve Control System with Power Line Communication

Hyeong Soon Moon, Jong Cheol Kim, Byeong Yeol Lee, Yong Baek Kim
and Jee On Kim

Automation and Control Research Institute, Industrial Research Institute,
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd

Abstract

The world-wide ship construction market is forecast that the considerable portion of shipbuilding and oceanic plant industry will be transferred consequently in China after 5 or 10 years. This point of view where the Korean ship construction industry seizes the initiative from the world-wide ship construction/oceanic field, we must cultivate technical power of base technology, and focus our interests on the development of core parts.

In this study, our proprietary remotely operated valve actuator system with power line technology was developed to enhance the installation and commissioning process by our own technology. This paper describes the new design and functions of the remotely operated valve system for shipbuilding and offshore market especially for FPSO.

※Keywords: Power line communication(전력선통신), Valve actuator(밸브액츄에이터), Hydraulic power pack (유압파워팩), Remote control(원격제어)

1. 서론

밸브(valve) 원격 제어 시스템은 대형 송수관 또는 송유관과 같이 직경 수십 mm 부터 수천 mm 까지의 다양한 파이프(관)의 개폐를 원격으로 제어하는 장치이다. 이는 대형 선박이나

해양 및 육상 플랜트에 필수적인 장치이며 공정 제어 시스템을 구성함에 있어서 매우 중요한 시스템이다. 기존의 원격 제어 밸브시스템의 경우 중앙집중식 유압공급장치를 사용하기 때문에 개별 밸브를 구동하기 위해서는 별도의 배관 작업 및 유압 제어와 관련된 배선작업을 해야 하는 문제점을 갖고 있다. 이러한 복잡한 설치 구조로 인해 시스템 설치 및 시운전에 많은 시간이

†교신저자: hsmoon@hhi.co.kr 052-202-3213

소요되는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 목적으로 유압 배관 작업이 필요 없는 유압 장치 내장형 밸브 액추에이터 및 유압 제어를 위해 별도의 신호선 포설이 필요 없는 전력선 통신 기능을 내장한 밸브 원격 제어시스템을 개발하였다.

2. 본론

1. 밸브 원격 제어 기술의 발전 동향

밸브 원격 제어 시스템은 그 기술적 수준에 따라 다음과 같이 1 세대, 2 세대 그리고 3 세대로 구분할 수 있다.

제 1 세대의 경우 유압이나 계장 제어 기술의 통합 없이 매우 단순하게 구성된 시스템으로 솔레노이드 캐비닛(solenoid cabinet)을 통해 밸브를 원격 조작한다. 중앙 제어 시스템과 엔진 룸 등 로컬(local) 지역에 설치된 밸브 액추에이터(actuator)간의 신호선은 개별적인 전선으로 구성되며 밸브의 위치 및 속도제어는 중앙 제어시스템에서 담당한다. 유압 배관 또한 중앙의 유압 펌프로부터 각각의 밸브 액추에이터로 일일이 유압배관을 설치해야 한다. 따라서 시스템 설치 및 시운전에 많은 시간이 소요된다. 제 1 세대 시스템은 현재 선박에 가장 많이 적용되고 있는 시스템으로 Fig. 1 에 이와 관련된 시스템 구성도를 도식적으로 나타내었다.

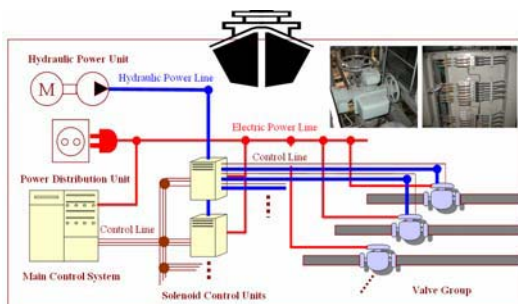


Fig. 1 Schematic of conventional valve control system

제 2 세대는 제 1 세대 시스템에 비하여 통신

개념과 자체 제어 개념을 도입한 시스템이다. 중앙 제어 시스템과 밸브 액추에이터 사이에 솔레노이드 캐비닛 대신에 목적과 용도에 의해 그룹화된 밸브를 총괄 제어하는 밸브 제어 콘솔(master valve control console)이 있다. 밸브 제어 콘솔(console)은 중앙 제어 시스템과 통신 케이블로 연결되며 이를 위해 별도의 통신 신호선을 설치해야 한다. 로컬 지역에 설치된 밸브 액추에이터의 위치 제어 및 상태 피드백(feedback)은 밸브 자체에 장착된 밸브 제어 시스템(local valve control system)과 밸브 제어 콘솔과의 통신에 통해 이루어지는데 이 경우에도 통신을 위한 신호선을 별도로 설치해야 한다. 단 유압의 공급은 통상적으로는 중앙의 유압 펌프에 의해 이루어지는데, 예외적으로 유압 펌프를 내장한 밸브 액추에이터 시스템을 상품화한 경우도 있다.

일반적으로 유압 펌프를 내장한 밸브 액추에이터의 경우 별도의 유압 파이프를 설치할 필요가 없다. 유압 펌프 내장형의 경우 파이프의 فل러싱(flushing) 작업이 필요 없고 파이프 설치 및 시운전에 소요되는 시간 및 비용을 대폭 줄일 수 있다는 장점이 있지만 제 1 세대에 비해 비용이 상승하는 단점이 있다.

제 3 세대는 본 연구에서 개발한 시스템으로서 2 세대 형의 시스템에서 한 단계 더 발전된 시스템이며 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 통신선과 전력선을 통합(전력선 통신)
- 소형 유압 파워 팩(micro hydraulic power pack)을 내장한 밸브 액추에이터
- 인공 지능형의 첨단 밸브 제어 시스템

본 연구에서 개발된 개발품은 제 1세대 및 2세대 시스템에서 필수적인 통신 신호선을 별도로 포설할 필요가 없다는 장점이 있으며, 이를 통해 설치 및 시운전 기간을 대폭 줄일 수 있다는 특성이 있다. 유압 펌프를 내장한 밸브 액추에이터의 경우 일반적으로 모터와 연결된 기어의 흡을 통해 유압유를 공급하게 되는데 이때 공급된 유압유는

Fig. 2에 나타난 랙&피니언(rack & pinion) 타입의 액추에이터에 공급된다. 유압이 실린더 내부에 공급되면 발생된 압력으로 인하여 랙이 직선운동을 하게 되고, 여기에 물려있는 피니언이 회전운동을 하게 된다. 랙의 동일 축선상에는 밸브 축이 연결되어 있어 버터플라이 밸브가 90도 회전운동을 하게 된다. 피니언 상부에는 스위치 박스를 설치하여 회전 위치를 검출하게 된다. 본 연구에서 개발한 액추에이터 또한 랙&피니언 방식의 구조로 되어 있다.

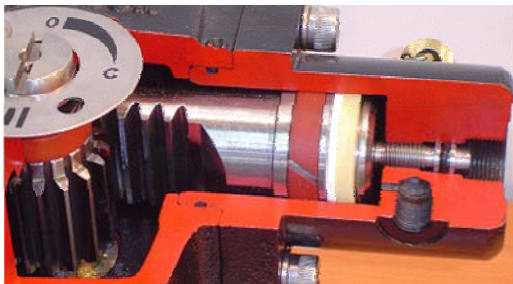


Fig. 2 Actuator with rack and pinion

Table 1에 현재 선박에 가장 많이 적용되고 있는 제 1세대 제품(기존 제품)과 본 연구에서 개발한 제품의 특성을 나타내었다.

Table 1 Comparison between developed and conventional system

항목	기존 제품 (유압 외장형)	개발 제품 (유압 내장형)
유압 배관 플러싱 작업	필요	불필요 (유압 내장)
각종 신호선 포설	필요	불필요
튜닝 작업	많이 소요됨	단순함
설치/시운전 기간	많이 소요됨	기존대비 1/5 로 감소
설계 변경 용의성	설계변경이 어려움	설계 변경 쉬움
진단 기능	없음	있음
밸브 그룹 제어	불가	가능

2. 전력선 통신 밸브 원격 제어 시스템의 특징

본 연구에서 개발된 전력선 통신(power line communication) 밸브 액추에이터는 종래의 1세대 시스템에서 필요로 했던 배선작업의 양을 거의 10분의 1 이상으로 줄여주는 장점이 있다. 또한 소형 유압 파워 팩을 밸브 액추에이터 자체에 내장함으로써 별도 설치되던 중앙식 대형 유압 공급 장치가 사라지고, 유압 공급 장치로부터 밸브 액추에이터에 이르는 총 연장 수십 km에 달하는 유압 배관 역시 사라지게 된다.

이 두 가지 변화는 선박의 건조과정에 큰 변화를 가져올 것이다. 지금까지 밸브 원격 제어 시스템의 설치 및 시운전은 많은 비용과 인력의 투입을 필요로 했다. 기본적인 케이블 포설(cable pulling) 작업과 수많은 입출력 단자에 대한 연결(connection)작업, 그리고 개개 라인의 작동 테스트 등은 지금까지 많은 공수가 소요되었고, 그럼에도 불구하고 많은 문제가 발생하는 부분이었다. 배관작업의 경우도 마찬가지로 초기 파이핑(piping)에서 부터 플러싱 후 압력 테스트 과정까지 많은 시간/인력이 투입되는 부분이었다.

따라서 본 제품 개발을 통해 이러한 과정을 크게 단축시켜서 선박 건조과정의 효율성을 상당히 개선시킬 수 있으며 나아가 원가 경쟁력을 향상시킬 것으로 기대된다.

또한 밸브의 위치를 측정하기 위한 센서 등을 액추에이터의 내부에 개별 설치함으로써 액추에이터로부터 중앙 제어 장치까지의 수십 km에 달하던 수많은 접점 신호선이 없어지게 된다. 또한 중앙 제어 장치의 제어 연산 부하를 줄여줌으로써 시스템의 신뢰성이 향상되게 되는 부수적인 특성이 있다. 기존의 중앙 제어 장치에 의해 밸브가 제어되는 경우 샘플링 주기가 통상 1초로서 유압 구동기의 제어에 적합하지 않으며, 이따금 유압 구동기의 오작동에 의해 밸브 연결부가 파손되는 문제가 종종 발생하였다. 그러나 전용의 밸브 제어 시스템을 내장하면 통상 0.01초의 샘플링주기에 의해 비교적 단순한 제어기에 의해서도 반복위

치제어정밀도 1% 이내의 우수한 제어성능을 얻을 수 있다. Fig. 3에 본 연구에서 개발된 전력선 통신 밸브 액추에이터의 구성도를 나타내었으며, Fig. 1과 비교할 경우 시스템이 매우 단순하게 구성됨을 알 수 있다.

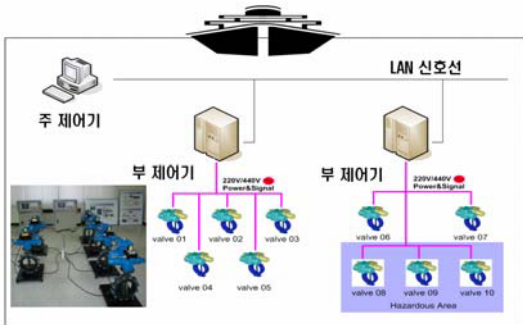


Fig. 3 Schematic of remotely controlled valve actuator system

3. 전력선 통신 밸브 원격 제어 시스템의 구성

전력선 통신 기능을 갖는 밸브 원격 제어 시스템은 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 세 가지 장치로 구성된다.

- 주 제어기(Main Control Console)
- 부 제어기(Sub Control Console)
- 밸브 액추에이터(Valve Actuator)

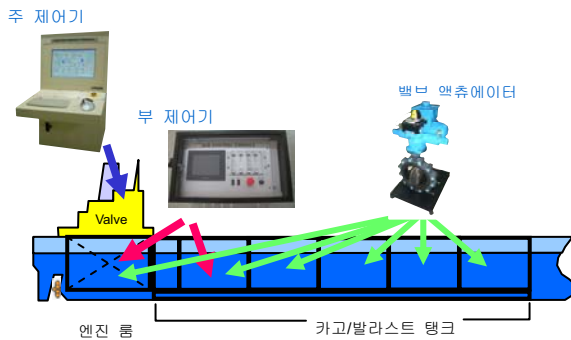


Fig. 4 Main components of developed system

개별 제어기는 통신을 통해 제어 신호 및 피드백 신호를 전달하도록 구성하였다. Fig. 5에 나타낸 바와 같이 본 시스템은 한 대의 주 제어기와 복수의 부 제어기가 랜(LAN) 통신을 통해 연결되며, 부 제어기는 다수의 밸브 액추에이터와 전력선 통신망(Echelon Corporation User's Guide 및 Programmer's Guide) 통해 연결된다.

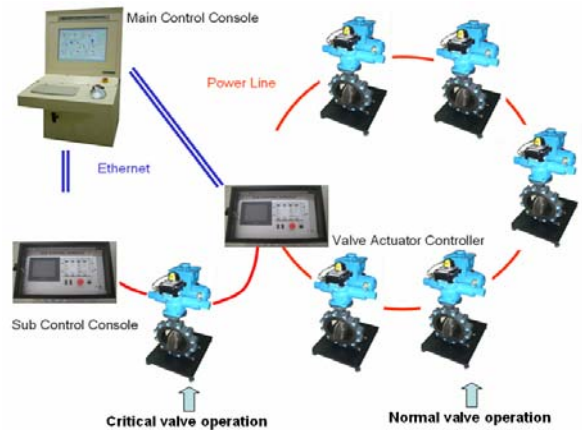


Fig. 5 Communication network to control valve rotational position and speed

4.1 주 제어기 (Main Control Console)

주 제어기는 원격제어 밸브 시스템 전체를 제어하고 모니터링하며 시스템의 상태를 감시하여 최적의 상태를 유지할 수 있도록 한다. 주 제어기는 각각의 부 제어기를 통하여 각각의 밸브를 제어하고 모니터링 한다. 주 제어기와 부 제어기는 랜으로 연결되며 부 제어기와 그 하단의 밸브들은 전력선 통신으로 연결된다.

주 제어기는 부 제어기와 연동되어 작동되며 필요에 따라 주 제어기 없이 부 제어기 단독으로 사용될 수 있다. 주 제어기의 기능을 정리하면 다음과 같다.

- 밸브 개폐(open/close) 및 풀 포지션(full position) 밸브의 개별 동작 지령 기능
- 밸브의 그룹 지정을 통한 그룹 개폐 지령 기능

- 밸브의 동작 상태 표시 기능
- 밸브의 속도 및 밸브의 위치 설정 기능
- 개별 밸브 액츄에이터의 동작 상태 점검 및 진단 기능
- 부 제어기의 중앙처리장치 상태 진단 기능
- 밸브 액츄에이터의 알람 상태 표시 기능

주 제어시스템은 크게 밸브 액츄에이터의 개폐 명령 및 현재 동작중인 밸브 액츄에이터의 상태를 모니터링 하는 기능으로 구성되어 있다. 또한 주 제어기, 부 제어기 및 밸브 액츄에이터가 모두 통신으로 연결되어 있기 때문에 개별 밸브 액츄에이터를 그룹 제어(group control) 할 수 있는 기능도 있다.

사용자는 윈도우 상의 사용자 조작화면(man machine interface)을 통해 동작시키고자 하는 밸브 액츄에이터를 선정하기만 하면 주 제어기는 부 제어기에 밸브 동작명령을 자동으로 전송하게 되고 부 제어기에 전달된 명령은 전력선을 통해 밸브 액츄에이터 제어기로 전송된다. 이를 통해 주 제어기에서 전송된 명령은 개별 밸브 액츄에이터로 전송되며 밸브 액츄에이터의 동작 명령뿐만 아니라 현재 작동하고 있는 밸브의 상태를 모니터링 할 수 있다. 또한 화면을 통해 밸브의 동작 상태를 감시하고 제어할 뿐만 아니라 동작하지 않는 밸브 액츄에이터 및 부 제어기의 경보가 자동으로 표시되도록 개발하여, 시스템 전체를 최적의 상태로 유지하는데 도움이 될 수 있도록 하였다. Fig. 6에 개발된 사용자 조작화면을 나타내었다.

Fig. 7에 주 제어기에 사용된 밸브 액츄에이터의 동작 상태 및 이벤트(event) 발생시에 표시되는 화면을 나타내었다.

Fig. 8에 밸브 액츄에이터를 그룹 제어할 수 있는 사용자 화면을 나타내었다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 부 제어기(SCC, Sub Control Console)와 이와 연결된 밸브 액츄에이터 중 그룹 제어 대상이 되는 밸브 액츄에이터의 고유 번호를 선정할 수 있도록 구성하였다.

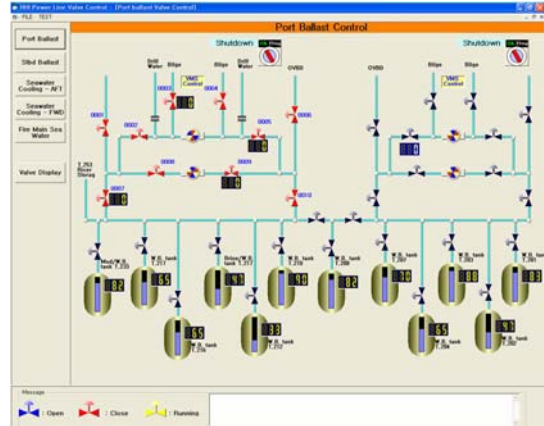


Fig. 6 Example of display for main control console

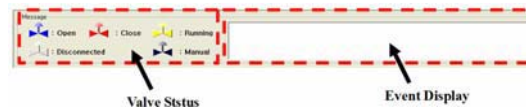


Fig. 7 Event display of main control console

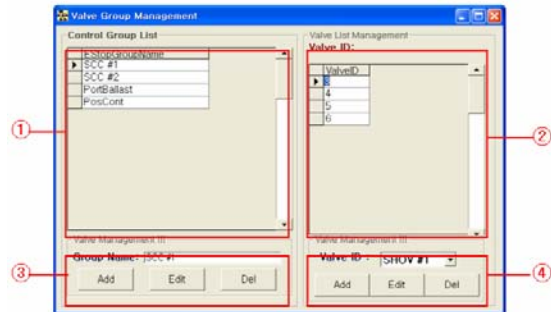


Fig. 8 Display for group control of valve actuator

- ① 그룹 제어 리스트 (name list of control group)
- ② 그룹 제어 대상 밸브 액츄에이터 리스트 (valve actuator list for control group)
- ③ 그룹 제어 리스트용 명령 버튼 (command buttons for control group name list)
- ④ 그룹 제어 대상 밸브 액츄에이터 용 명령 버튼

튼 (command buttons for valve management area)

4.2 부 제어기 (Sub Control Console)

부 제어기는 주 제어기와 밸브 액추에이터 제어기간의 통신을 연결해 주며 주 제어기의 사용이 불가능 하거나, 부 제어기 단독으로 사용할 경우에 사용된다. 부 제어기는 주 제어기로부터 랜 통신을 통해 밸브의 동작 명령 데이터를 수신하며 수신된 데이터를 바탕으로 전력선을 통해 각각의 밸브 액추에이터에 동작 명령을 전송하는 기능을 가지고 있다. 즉 부 제어기는 밸브 액추에이터의 상태를 전력선 통신 네트워크를 이용해서 전송 받아 이를 부 제어기에 내부에 장착된 터치스크린(touch screen)에 표시하고 동시에 주 제어기에 밸브 운전상태 및 부 제어기 자체의 운전상태를 송신하는 기능을 갖는다. Fig. 9에 개발된 부 제어기의 사진을 나타내었다.

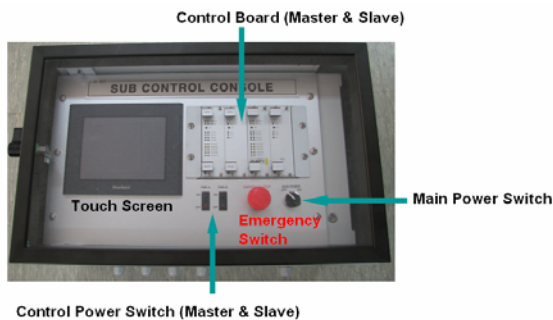


Fig. 9 Components of sub control console

부 제어기의 기능과 특징은 다음과 같다.

- 밸브 액추에이터의 속도/위치 제어 및 상태 모니터링 기능
- 이중 중앙제어장치 시스템(dual CPU structure) : 자동 절환 관리 기능
- 편리한 모니터링 및 제어를 위한 터치스크린(touch screen)
- 개별 밸브 액추에이터와의 전력선 통신을 통한 제어 기능

- 개별 밸브 액추에이터의 동작 상태를 주 제어기에 전달하는 기능
- 시스템 이상 동작 시 부 제어기에 연결된 전체 밸브 액추에이터의 동작을 정지하기 위한 비상정지 기능

개별 밸브 액추에이터 작동은 Fig. 10에 나타난 터치스크린 사용자 화면에서 사용자가 임의로 선정할 수 있으며, 이후 Fig. 11과 같은 화면으로 자동 전환된다. 사용자는 Fig. 11에서 개별 밸브 액추에이터의 고유번호를 커미션 혹은 디커미션(decommission) 할 수 있으며 밸브의 개폐(open, close) 동작 등을 수행할 수 있다. 여기서 고유번호를 할당하는 이유는 주 제어기에서 밸브의 고유번호를 기반으로 밸브의 상태를 자가 고장 진단하기 때문이며 나아가 본 고유번호를 이용해 밸브 그룹제어가 가능하기 때문이다.

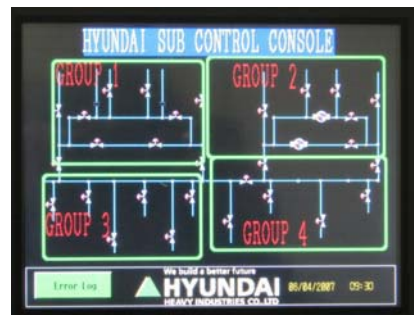


Fig. 10 Detail of main display for sub control console



Fig. 11 Display to control and monitor each valve actuator

4.3 밸브 액츄에이터 (Valve Actuator)

밸브 액츄에이터는 유압 기어 펌프, BLDC(Brushless Direct Current) 모터, 제어기, 전력선 모뎀으로 이루어져 있다. 또한 스위치 박스로부터 버터플라이 밸브의 위치를 입력 받고 내장 컨트롤러를 이용하여 유압 밸브 액츄에이터의 동작을 제어하며, 전력선 통신 프로토콜을 내장하여 부 제어기로부터 명령을 전달받아 밸브의 개폐 동작을 수행한다. Fig. 12에 개발된 밸브 액츄에이터의 도식도를 나타내었다.

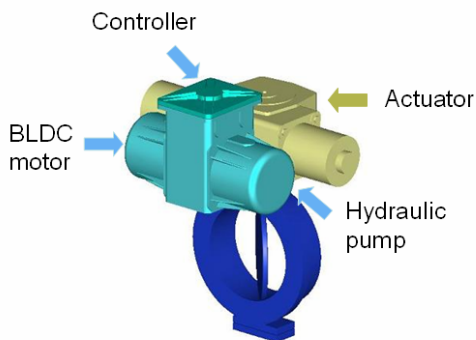


Fig. 12 Schematic of valve actuator developed

개발된 밸브 액츄에이터는 Fig. 13과 같이 위치 표시기가 장착되어 있으며 위치 및 속도제어 기능이 있어 밸브의 위치와 속도를 임의로 설정할 수 있다. 밸브 액츄에이터 동작은 Fig. 11에 나타낸 BLDC 모터로부터 토출된 유압유가 유압 펌프 (hydraulic pump)를 통해 전달되면 전달된 유압이 Fig. 2의 랙 & 피니언으로 인가되는 구조를 통해 이루어진다.

BLDC 모터를 구동하기 위해서는 모터에 전원을 인가해야 하는데 전력선 통신 및 제어는 본 모터를 구동하기 위해 인가된 모터 전원을 통해 구현하였다.

밸브의 개폐속도는 유압 모터의 속도를 조절해 유압유 토출량을 변경하여 자유롭게 제어하며, 유압 모터의 정/역회전에 의해 밸브의 개폐 방향이 변경되도록 설계하였다. 또한 릴리프 밸브(relief valve)에 의한 과부하 방지 기능을 가지고 있기 때문에 추가적인 토크 리미터(torque limiter)는 필요 없는 구조로 개발하였다.



Fig. 13 Indicator for valve position

밸브 액츄에이터에는 크게 3 가지 제어 모듈로 구성되어 있다. 첫째, 전력선 통신 및 밸브의 동작 명령을 제어하기 위한 전력선 모뎀 제어기. 둘째, 전력선 모뎀 제어기로부터 수신한 모터 속도를 BLDC 모터를 통해 구현하기 위한 모터 제어기. 마지막으로 모터 자체의 모션 제어를 위한 모션 (motion) 제어기로 구성되어 있다.

전력선 모뎀 제어기의 주 연산 장치(main

processor)는 마이컴 프로세서이며, 부 제어기로부터 받은 밸브 동작 명령을 직접 하드웨어로 제어하는 기능을 수행한다. 부 제어기로부터의 각종 밸브 명령은 전력선 모뎀 제어기내에 장착된 전력선 통신 프로세서로부터 전송 받게 되며, 전력선 통신을 통해 전송된 데이터는 제어기 내부에 있는 마이컴 중앙제어장치까지 통신을 통해 전송 된다. 즉 본 제어기는 부 제어기와 통신을 수행함과 동시에 버터플라이 밸브의 위치를 측정하고, BLDC 모터 드라이버를 직렬 통신을 통해 제어하는 역할을 수행한다

전력선 모뎀 제어기는 8개의 디지털 입력 포트를 가지고 있다. 버터플라이 밸브에 연결된 스위치 박스로부터 버터플라이 밸브가 완전히 열렸는지, 닫혔는지를 확인할 수 있는 리미터 스위치 출력이 2개(open, close) 나오는데 이를 입력 받기 위해 2개의 디지털 입력 포트를 갖는다. 그리고 입력되는 2개의 전원 상태의 건정성을 검사하기 위한 “Health” 입력 단자 2개를 사용하였다. 즉 시스템 안정성을 보완하기 위해 2개의 전력선이 입력될 수 있으며, 두 개의 전력선의 건정성 상태를 점검하여 최종 공급 전원으로 설정하기 위한 기능을 구비하고 있다. 또한 밸브의 동작 중 원격 제어 동작 혹은 수동 동작 기능을 인식하기 위한 “Remote/Local” 입력, 밸브의 포텐시오메터(전위차계, potentiometer) 초기 교정 작업을 인식하기 위한 “Initial Calibration” 입력, 일반 밸브인지 혹은 위험한 영역에 사용되는 밸브인지 인식하기 위한 “Normal/Critical” 입력 및 개폐 기능만 가지는 밸브인지 위치 제어를 포함한 밸브인지 인식하기 위한 “Open/Close, Continuous” 입력도 추가로 있다. 본 기능은 하나의 밸브 제어기를 단지 DIP 스위치(dip switch)만으로 쉽게 특성을 선택할 수 있도록 하여 제품의 표준화 및 개발 부품을 줄이는데 목적이 있다. 중요 밸브(critical valve)의 경우 이중 전력선(dual power line)으로 구성하여 1차 전력선에 문제가 발생할 경우 2차 전력선으로 자동으로 연결되어 동작하는 기능을 개발하여 시스템의 안전성을 도모하였다. Fig. 14에 본 기능을 구현하기 위해 개발된 하드웨어사진을 나타내었다.

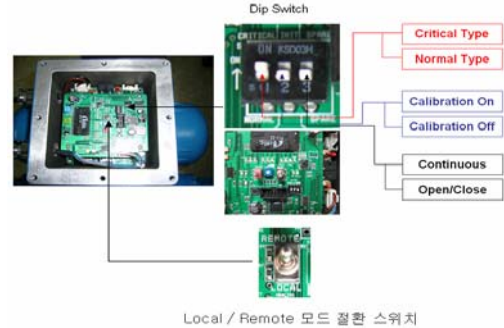


Fig. 14 Functions of each dip switch for easy mode setup and calibration of valve position

본 연구에서는 표준형(standard) 및 방폭형(explosion proof), 단동식(fail safe), 잠수형(submersible)의 4 가지 타입의 밸브 액추에이터를 개발하였으며 Fig. 15 에 개발된 액추에이터를 나타내었다.

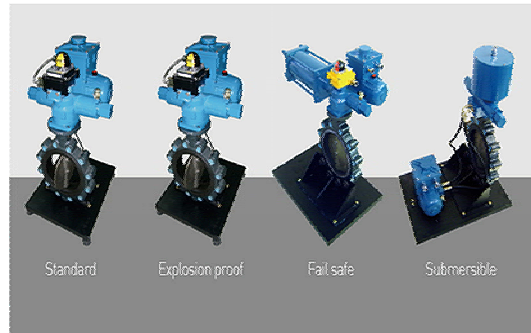


Fig. 15 Developed actuator model

4.4 시스템 통신 환경

주 제어기는 부 제어기와 모드버스 TCP 통신을 통해 신호를 주고 받는다. 본 시스템에서는 각 모드버스 통신을 담당하는 기능을 이중화하여 하나의 통신 라인에 이상이 생길 경우 다른 통신라인을 통해 통신이 가능하도록 구성하였다. 모드버스를 이용한 시스템 구성도를 Fig. 16 에, 모드버스 구현을 위한 통신 프로토콜 구성도를 Fig. 17 에 나타내었다.

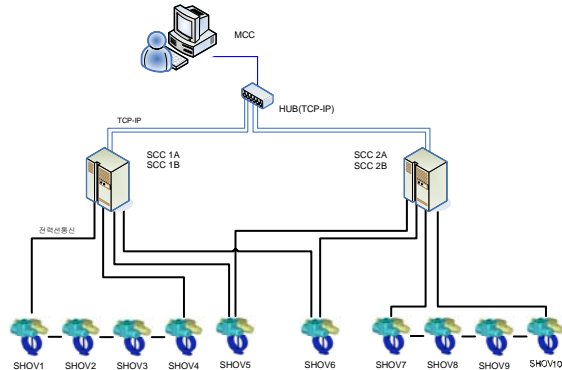


Fig. 16 System configuration for MODBUS communication

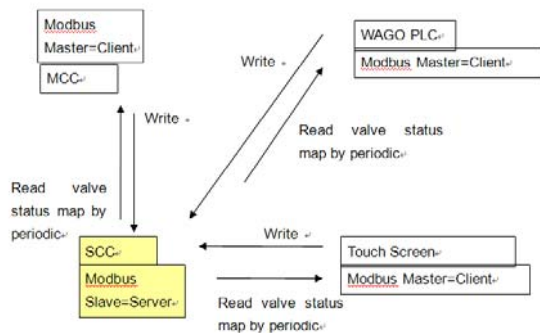


Fig. 17 Communication protocol for MODBUS

3. 결론

본 연구를 통해 개발된 원격 밸브 제어시스템의 특징은 크게 전력선 통신 기능과 소형 유압 파워 팩의 개발이라는 2 가지 측면에서 찾을 수 있다. 전력선 통신 기능은 기존 시스템에서 필수적인 신호선 포설 작업 및 신호선 포설 후 시스템 기능을 검사하기 위한 시운전 기간을 대폭 줄일 수 있다는 장점이 있다. 소형 유압 파워 팩의 경우 유압 장치를 밸브 액츄에이터 내부에 장착한 기능으로 기존 시스템에서 필수적인 파이프 설치 작업이 필요 없으며 이를 통해 시스템 설치 및 시운전 기간을 줄일 수 있다. 또한 별도의 파이프

설치 작업이 필요 없기 때문에 기존 시스템에서 발생하는 파이프 내부의 청소나 누유등에 의한 문제가 발생하지 않아 유지 보수 측면에서 많은 장점을 가진다. 본 원격 밸브 제어시스템은 위 두 가지 기능을 통해 시스템 설치 및 시운전 기간을 기존 시스템 대비 약 1/5 이하로 줄일 수 있다는 특징이 있다.

참 고 문 헌

- Echelon Corporation, "TMPN3150B1AF User's Guide".
- Echelon Corporation, "FTT-10A Free Topology Transceiver User's Guide", Version6.
- Echelon Corporation, "Neuron C Programmer's Guide", Revision 6.
- Echelon Corporation, "LNS for Windows Programmer's Guide", Version 3.0.



< 문형순 > < 김종철 > < 이병열 >



< 김용백 > < 김지은 >