



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월12일
(11) 등록번호 10-1817642
(24) 등록일자 2018년01월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/50 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 17/5009 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0127700
(22) 출원일자 2016년10월04일
심사청구일자 2016년10월04일
(56) 선행기술조사문헌
JP07128487 A*
JP2685204 B2
KR1020160015824 A
KR1019990071337 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도

(73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
홍연찬
서울특별시 용산구 이촌로 347, 2동 1007호(서빙고동, 신동아아파트)
윤창선
경기도 광명시 성채로 37, 405동 1403호(소하동, 광명역세권휴먼시아)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 박승철

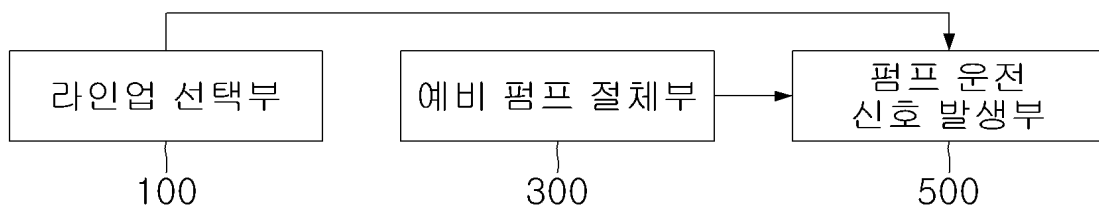
(54) 발명의 명칭 펌프 운전 시뮬레이션 시스템

(57) 요약

본 발명은 펌프 운전 시뮬레이션 시스템에 관한 것으로, 특히 본 발명은 MATLAB Simulink를 사용하여 일반적인 화력발전소에 주로 사용되는 복수펌프 3대에 대한 순환운전 로직에 대해 설계자나 운전원이 쉽게 사용할 수 있도록 한 펌프 운전 시뮬레이션 시스템에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



또한, 본 발명에 따르면, 3개의 펌프의 기동 상태 신호를 입력받고 입력받은 펌프의 기동 상태 신호에 변화가 있는 경우에 이에 따른 라인업 신호를 생성하는 라인업 선택부; 3개의 펌프중 어느 하나에서 트립이 발생한 경우에, 예비 펌프를 구동하는 예비 펌프 구동신호를 생성하는 예비 펌프 절체부; 및 상기 라인업 선택부에서 입력되는 라인업 신호와 상기 예비 펌프 절체부에서 입력되는 예비 펌프 구동신호에 따라 예비 펌프를 기동시키고, 트립되지 않은 구동중인 펌프의 구동 상태를 유지시키는 펌프 운전 신호 발생부를 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템이 제공된다.

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

3개의 펌프의 기동 상태 신호를 입력받고 입력받은 펌프의 기동 상태 신호에 변화가 있는 경우에 이에 따른 라인업 신호를 생성하는 라인업 선택부;

3개의 펌프중 어느 하나에서 트립이 발생한 경우에, 예비 펌프를 구동하는 예비 펌프 구동신호를 생성하는 예비 펌프 절체부; 및

상기 라인업 선택부에서 입력되는 라인업 신호와 상기 예비 펌프 절체부에서 입력되는 예비 펌프 구동신호에 따라 예비 펌프를 기동시키고, 트립되지 않은 구동중인 펌프의 구동 상태를 유지시키는 펌프 운전 신호 발생부를 포함하며,

상기 라인업 선택부는

0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며, 1버튼을 누른 경우에 자동 모드 선택 신호가 발생하는 자동 선택기;

0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며, 1버튼을 누른 경우에 수동 모드 선택 신호가 발생하는 수동 선택기; 및

상기 자동 선택기의 출력이 S 단자에 연결되며, 상기 수동 선택기의 출력이 R 단자에 연결되어 있으며, 상기 자동 선택기의 1버튼이 눌러진 상태에서 출력 Q에 1 신호를 발생시켜 자동 모드로 동작되도록 하는 제1 플립플롭을 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템.

청구항 3

3개의 펌프의 기동 상태 신호를 입력받고 입력받은 펌프의 기동 상태 신호에 변화가 있는 경우에 이에 따른 라인업 신호를 생성하는 라인업 선택부;

3개의 펌프중 어느 하나에서 트립이 발생한 경우에, 예비 펌프를 구동하는 예비 펌프 구동신호를 생성하는 예비 펌프 절체부; 및

상기 라인업 선택부에서 입력되는 라인업 신호와 상기 예비 펌프 절체부에서 입력되는 예비 펌프 구동신호에 따라 예비 펌프를 기동시키고, 트립되지 않은 구동중인 펌프의 구동 상태를 유지시키는 펌프 운전 신호 발생부를 포함하며,

상기 라인업 선택부는

펌프 C의 기동 상태 신호를 입력받는 제1 전단 부정 논리 연산기와, 펌프 A의 기동 상태 신호를 입력받는 제2 전단 부정 논리 연산기 및 펌프 B의 기동 상태 신호를 입력받는 제3 전단 부정 논리 연산기를 구비하고 있는 다수의 전단 부정 논리 연산기;

상기 제1 전단 부정 논리 연산기의 출력을 입력받는 제1 전단 논리곱 연산기와, 상기 제2 전단 부정 논리 연산기의 출력을 입력받는 제2 전단 논리곱 연산기 및 상기 제3 전단 부정 논리 연산기의 출력을 입력받는 제3 전단 논리곱 연산기를 구비하고 있는 다수의 전단 논리곱 연산기;

상기 제1 전단 논리곱 연산기의 출력에 연결된 제1 펄스 발생기와, 제2 전단 논리곱 연산기의 출력에 연결된 제2 펄스 발생기와, 제3 전단 논리곱 연산기의 출력에 연결된 제3 펄스 발생기를 구비하고 있는 다수의 펄스 발생기;

상기 제1 펄스 발생기의 출력 신호를 입력받는 제1 전단 논리합 연산기와, 상기 제2 펄스 발생기의 출력 신호를 입력받는 제2 전단 논리합 연산기 및 상기 제3 펄스 발생기의 출력 신호를 입력받는 제3 전단 논리합 연산기를 구비하는 다수의 전단 논리합 연산기;

상기 제2 전단 논리합 연산기의 출력 신호와 상기 제3 전단 논리합 연산기의 출력 신호 그리고 하기 제3 플립플롭의 출력 신호를 피드백받아 논리합하여 출력하는 제1 후단 논리합 연산기와, 상기 제2 전단 논리합 연산기의 출력 신호와 상기 제1 전단 논리합 연산기의 출력 신호 그리고 하기 제2 플립플롭의 출력 신호를 피드백받아 논리합하여 출력하는 제2 후단 논리합 연산기를 구비하고 있는 다수의 후단 논리합 연산기;

상기 제1 전단 논리합 연산기의 출력 신호를 S 단자로 입력받고, 상기 제1 후단 논리합 연산기의 출력 신호를 R 단자로 입력받아 출력 신호 Q를 출력하는 제2 플립플롭 및 상기 제3 전단 논리합 연산기의 출력 신호를 S 단자로 입력받고, 제2 후단 논리합 연산기의 출력 신호를 R 단자로 입력받아 출력 신호 Q를 출력하는 제3 플립플롭을 구비하고 있는 다수의 플립플롭을 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템.

청구항 4

청구항 3항에 있어서,

상기 라인업 선택부는

상기 제2 플립플롭의 출력 신호를 입력받는 제1 후단 부정 논리 연산기와 상기 제3 플립플롭의 출력 신호를 입력받는 제2 후단 부정 논리 연산기를 구비하고 있는 다수의 후단 부정 논리 연산기;

상기 제1 후단 부정 논리 연산기의 출력과 제2 후단 부정 논리 연산기의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 후단 논리곱 연산기; 및

상기 제2 플립플롭의 출력을 입력받아 제1 라인업 상태를 표시하는 제1 라인업 표시기와, 상기 후단 논리곱 연산기의 출력을 입력받아 제2 라인업 상태를 표시하는 제2 라인업 표시기 및 상기 제3 플립플롭의 출력을 입력받아 제3 라인업 상태를 표시하는 제3 라인업 표시기를 구비하고 있는 다수의 라인업 표시기를 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템.

청구항 5

청구항 3항에 있어서,

상기 펄스 발생기는

디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하는 제1 데이터 유형 변환기;

상기 제1 데이터 유형 변환기에서 입력되는 신호를 지연시켜 출력하는 전송포트 지연기;

상기 제1 데이터 유형 변환기의 출력 신호와 상기 전송포트 지연기의 출력 신호를 입력받아 배타적 논리합하여 출력하는 배타적 논리합 연산기;

상기 제1 데이터 유형 변환기의 출력과 상기 배타적 논리합 연산기의 출력을 입력받아 곱셈 연산하여 출력하는 곱셈기; 및

상기 곱셈기에서 입력된 신호를 데이터 변환하여 출력하는 제2 데이터 유형 변환기를 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템.

청구항 6

3개의 펌프의 기동 상태 신호를 입력받고 입력받은 펌프의 기동 상태 신호에 변화가 있는 경우에 이에 따른 라인업 신호를 생성하는 라인업 선택부;

3개의 펌프중 어느 하나에서 트립이 발생한 경우에, 예비 펌프를 구동하는 예비 펌프 구동신호를 생성하는 예비 펌프 절체부; 및

상기 라인업 선택부에서 입력되는 라인업 신호와 상기 예비 펌프 절체부에서 입력되는 예비 펌프 구동신호에 따라 예비 펌프를 기동시키고, 트립되지 않은 구동중인 펌프의 구동 상태를 유지시키는 펌프 운전 신호 발생부를 포함하며,

상기 예비 펌프 절체부는 펌프 A의 자동 상태 신호를 입력받는 제1 부정 논리 연산기와, 펌프 B의 자동 상태 신호를 입력받는 제2 부정 논리 연산기 및 펌프 C의 자동 상태 신호를 입력받는 제3 부정 논리 연산기를 구비하는 다수의 전단 부정 논리 연산기;

상기 제1 부정 논리 연산기의 출력을 입력받고 펌프 A의 기동 상태를 피드백 받는 제1 전단 논리곱 연산기와, 상기 제2 부정 논리 연산기의 출력을 입력받고 펌프 B의 기동 상태를 피드백 받는 제2 전단 논리곱 연산기 및 상기 제3 부정 논리 연산기의 출력을 입력받고 펌프 C의 기동 상태를 피드백 받는 제3 전단 논리곱 연산기를 구비하고 있는 다수의 전단 논리곱 연산기;

펌프 C의 기동 상태 신호를 입력받는 제1 후단 부정 논리 연산기와, 펌프 A의 기동 상태 신호를 입력받는 제2 후단 부정 논리 연산기 및 펌프 B의 기동 상태 신호를 입력받는 제3 후단 부정 논리 연산기를 포함하고 있는 다수의 후단 부정 논리 연산기;

제1 트립 선택기의 출력 신호와 상기 제1 전단 논리곱 연산기의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제1 전단 논리합 연산기와, 제2 트립 선택기의 출력 신호와 상기 제2 전단 논리곱 연산기의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제2 전단 논리합 연산기 및 제3 트립 선택기의 출력 신호와 상기 제3 전단 논리곱 연산기의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제3 전단 논리합 연산기를 포함하고 있는 다수의 전단 논리합 연산기;

펌프 C의 기동 상태와 상기 제2 전단 논리합 연산기의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제1 후단 논리곱 연산기와, 상기 제1 후단 부정 논리 연산기의 출력을 입력받고 상기 제2 전단 논리합 연산기의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제2 후단 논리곱 연산기와, 펌프 A의 기동 상태와 상기 제3 전단 논리합 연산기의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제3 후단 논리곱 연산기와, 상기 제2 후단 부정 논리 연산기의 출력을 입력받고 상기 제3 전단 논리합 연산기의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제4 후단 논리곱 연산기와, 펌프 A의 기동 상태와 상기 제1 전단 논리합 연산기의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제5 후단 논리곱 연산기와, 상기 제3 후단 부정 논리 연산기의 출력을 입력받고 상기 제1 전단 논리합 연산기의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제6 후단 논리곱 연산기를 구비하는 다수의 후단 논리곱 연산기; 및

상기 제1 후단 논리곱 연산기의 출력 신호와 상기 제4 후단 논리곱 연산기의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제1 후단 논리합 연산기와, 상기 제3 후단 논리곱 연산기의 출력 신호와 상기 제6 후단 논리곱 연산기의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제2 후단 논리합 연산기와, 상기 제2 후단 논리곱 연산기의 출력 신호와 상기 제5 후단 논리곱 연산기의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제3 후단 논리합 연산기를 구비하는 다수의 후단 논리합 연산기를 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템.

청구항 7

3개의 펌프의 기동 상태 신호를 입력받고 입력받은 펌프의 기동 상태 신호에 변화가 있는 경우에 이에 따른 라인업 신호를 생성하는 라인업 선택부;

3개의 펌프중 어느 하나에서 트립이 발생한 경우에, 예비 펌프를 구동하는 예비 펌프 구동신호를 생성하는 예비 펌프 절체부; 및

상기 라인업 선택부에서 입력되는 라인업 신호와 상기 예비 펌프 절체부에서 입력되는 예비 펌프 구동신호에 따라 예비 펌프를 기동시키고, 트립되지 않은 구동중인 펌프의 구동 상태를 유지시키는 펌프 운전 신호 발생부를 포함하며,

상기 펌프 운전 신호 발생부는

펌프 A 시작 신호를 입력받는 제1 전단 논리합 연산기와, 펌프 B 시작 신호를 입력받는 제2 전단 논리합 연산기 및 펌프 C 시작 신호를 입력받는 제3 전단 논리합 연산기를 구비하고 있는 다수의 전단 논리합 연산기;

상기 제1 전단 논리합 연산기의 신호를 입력받아 펌프 A 시작 신호가 입력된 경우에 1을 출력하는 제1 논리곱 연산기와, 상기 제2 전단 논리합 연산기의 신호를 입력받아 펌프 B 시작 신호가 입력된 경우에 1을 출력하는 제2 논리곱 연산기 및 상기 제3 전단 논리합 연산기의 신호를 입력받아 펌프 C 시작 신호가 입력된 경우에 1을 출력하는 제3 논리곱 연산기를 구비하는 다수의 전단 논리곱 연산기;

상기 제1 논리곱 연산기의 출력에 연결된 제1 펄스 발생기와, 상기 제2 논리곱 연산기의 출력에 연결된 제2 펄스 발생기 및 상기 제3 논리곱 연산기에 연결된 제3 펄스 발생기를 포함하는 다수의 펄스 발생기;

상기 제1 펄스 발생기에 S 단자가 연결된 제1 플립플롭과, 상기 제2 펄스 발생기에 S 단자가 연결된 제2 플립플롭 및 상기 제3 펄스 발생기에 S 단자가 연결된 제3 플립플롭을 구비한 다수의 플립플롭; 및

상기 제1 플립플롭에 연결된 제1 펌프 기동상태 표시기와, 상기 제2 플립플롭에 연결된 제2 펌프 기동상태 표시기 및 상기 제3 플립플롭에 연결된 제3 펌프 기동상태 표시기를 구비하고 있는 다수의 펌프 기동상태 표시기를 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템.

청구항 8

청구항 7항에 있어서,

상기 펌프 운전 신호 발생부는

결합 발생 신호를 입력받는 제4 전단 논리합 연산기;

상기 제4 전단 논리합 연산기의 출력이 1인 경우에 결합 발생 신호를 출력하는 제4 논리곱 연산기; 및

상기 제4 논리곱 연산기의 출력에 연결되어 결합 발생 신호의 발생을 표시하는 결합 표시기를 포함하는 펌프 운전 시뮬레이션 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 펌프 운전 시뮬레이션 시스템에 관한 것으로, 특히 MATLAB Simulink를 사용하여 일반적인 화력발전소에 주로 사용되는 복수펌프 3대에 대한 순환운전 로직에 대해 설계자나 운전원이 쉽게 사용할 수 있도록 한 펌프 운전 시뮬레이션 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] MATLAB은 일반적으로 수치계산, 제어 시스템의 계산 등에 활용되는데, MATLAB 내에서 제공하는 Simulink는 기능적 블록(Functional Block)을 기본으로 MATLAB의 기능을 활용할 수 있는 시뮬레이션 기능을 통해 전자, 전기, 기계 등 산업 분야에서 활용될 수 있다.

[0003] 국내 화력발전소의 제어는 주로 DCS(Distributed Control System)를 사용하여 각종 계측기, 모터 및 펌프 등을 제어한다.

[0004] 발전소 내에 적용된 수많은 제어 요소들을 제어하기 위해 DCS 내부에 사용되는 로직을 설계해야 하는데 로직을 표현하기 위해서는 ANSI/ISA S5.2를 주로 사용하고 있다.

[0005] 그런데 이 로직을 검증하기 위해서는 별도의 Simulation Tool을 사용하거나 DCS를 통해 직접 검증해야 하는데 설계단계에서 이를 검증하기 위해 이러한 프로그램을 사용하기에는 비용 및 프로그램 라이선스 취득 등의 어려움이 동반된다.

[0006] 특히 3대 이상의 펌프 동작을 위한 로직 설계에는 수많은 경우의 수가 발생하는데 모든 케이스에 대한 동작 상태를 확인하기 위해서는 시뮬레이션을 통한 설계가 필수적이라고 할 수 있다.

[0007] 그러나 MATLAB 내부 Binary Logic의 경우 DCS에서 주로 사용하는 블록이 모두 구현되어 있지는 않다.

[0008] 국내 기저부하를 담당하는 국내 500MW 이상의 발전소에서 운용되고 있는 50% 부하 3대에 대한 순환기동로직은 각 발전소 현장 상황에 맞게 자동 및 수동으로 운영되고 있지만, 한 번 정상 기동된 후에는 별도의 조작없이 장기간 운전되기 때문에 순환 기동 로직 구현을 위한 별도의 툴이 일반화 되어 있지는 않다.

[0009] 이와 관련하여 기존 국내 외 기관들에 의해 개발된 발전소 시뮬레이터는 대부분 동역학적 해석을 목적으로 하거나 운전자 교육용을 목적으로 개발되어 왔다.

[0010] 물론, 일부 전용 소프트웨어가 개발되어 사용되고 있고, 미국의 경우 상용 S/W를 이용하여 펌프를 시뮬레이션하고 있다[1]. 그러나, 전용 프로그램의 경우 상대적으로 고 비용으로 구매되어야 하지만 실무에 적용하기 위한 로직 검증을 위해 이를 사용하기에는 여러 가지 어려움이 따른다.

[0011] 또한, 기존 시뮬레이터는 운전자 위주로 구성되어 있어서 로직 설계자나 시운전 참여자들이 다양한 운전조건 또는 로직을 임의로 변경하기에는 적절하지 않다.

[0012] 더욱이 최근 발전소에서 사용되는 두 개 이상의 복수펌프 운전에 대해 설계자나 운전자가 쉽게 활용할 수 있는

시뮬레이터는 개발되어 있지 않다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0013]

- (비특허문헌 0001) [1] Y. M. Jeong, C. S. Jeong, H. S. Kim, C. D. Lee and S.Y. Yang, "A Study on Hydraulin Simulation for Excavator using MATLAB /Simscape", KFPS Conference S5-1, pp. 95~100, 2009.
- (비특허문헌 0002) [2] "American National Standard, ANSI/ISA-S5.2- 1976(R1992), Binary Logic Diagrams for Process Operations", ISA, 1992.
- (비특허문헌 0003) [3] "Condensate System Description for Fossil Power Plant 500MW", KEPCO-E&C, 2005.
- (비특허문헌 0004) [4] W. E. Nelson, J. W Dufour, 1980, "Pump Vibration", Proceedings of 9th Turbor machinery Symposium, pp.137-147, 1980.
- (비특허문헌 0005) [5] "Condenser System Functional Group Control" Control Logic Diagram of Fossil Power Plant 1000MW", KEPCO-E&C, 2013.
- (비특허문헌 0006) [6] Y. Shin, J. H. Kim, B.J Yoo, "Dynamic Modeling and Simulation of a Hybrid Heat Pump", Korean Journal Of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 25(7), 406-412, pp. 7, 2013.
- (비특허문헌 0007) [7] Li, B. and Alleyne, A. G., "A dynamic model of a vapor compression cycle with shut-down and start-up operations", International Journal of Refrigeration, Vol. 33, pp. 538-552, 2010. DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2009.09.011
- (비특허문헌 0008) [8] McKinley, T. L. and Alleyne, A. G., 'An advanced nonlinear switched heat exchanger model for vapor compression cycles using the moving-boundary method', International Journal of Refrigeration, Vol. 31, pp.1253-1264, 2008.
- (비특허문헌 0009) DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2008.01.012
- (비특허문헌 0010) [9] T. G. Hicks, T.W. Edwards, "Pump Application Engineering", McGraw-Hill, NY, 1971.
- (비특허문헌 0011) [10] I. J. Karassic, J.P. Messina, P. Cooper, C.C. Heald, "PumpHandbook", Third edition, Mc Graw-Hill, NY,2001.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014]

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, MATLAB Simulink를 사용하여 일반적인 화력발전소에 주로 사용되는 복수펌프 3대에 대한 순환운전 로직에 대해 설계자나 운전원이 쉽게 사용할 수 있도록 한 펌프 운전 시뮬레이션 시스템을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0015]

본 발명에서는 MATLAB/Simulink를 이용하여 발전소 로직에 주로 사용하는 ANSI/ISA S5.2[2]를 구현하고, 구현된 로직을 통해 국내 500MW 이상의 발전소에 대부분 사용되는 발전소 복수펌프 3대 운전을 위한 로직 검증 시뮬레이션 시스템을 제안한다.

[0016]

시뮬레이션 시스템은 펌프선택 기능이 구현되고 각 펌프에 대한 Running Status와 Lead/Lag 조건, 트립 조건에 따라 자동으로 펌프 기동신호가 발생하도록 하며, 발생된 신호가 모터를 회전시켜 펌프 후단 압력을 발생시킨 후 그 압력의 변화를 관찰할 수 있도록 구현된다.

[0017]

사용자는 구현된 로직을 자유롭게 변경하며 새로운 기능을 시험해 볼 수 있고, 각종 상황에 대해 실험한 후 그 값을 분석하여 실제 펌프 기동로직 설계 및 운전에 활용할 수 있다.

[0018] 시뮬레이션 시스템을 구현하기 위해 ANSI/ISA S5.2를 재해석하여 별도의 Sub-System을 Block화하고 각종 Binary Gate등은 Simulink에서 제공하는 Block을 사용하였고, 일부 수학 계산에 사용되는 Block은 신호 변환을 통해 ANSI/ISA S5.2 로직개념대로 동작하도록 구현하였다.

[0019] 3대의 펌프 동작을 구현하기 위한 펌프 모델링은 MATLAB에서 제공하는 Pump Block을 발전소 펌프 특성에 맞도록 파라미터를 조정하여 사용하였다.

[0020] 이와 같은 펌프 운전 시뮬레이션 시스템은 3개의 펌프의 기동 상태 신호를 입력받고 입력받은 펌프의 기동 상태 신호에 변화가 있는 경우에 이에 따른 라인업 신호를 생성하는 라인업 선택부; 3개의 펌프중 어느 하나에서 트립이 발생한 경우에, 예비 펌프를 구동하는 예비 펌프 구동신호를 생성하는 예비 펌프 절체부; 및 상기 라인업 선택부에서 입력되는 라인업 신호와 상기 예비 펌프 절체부에서 입력되는 예비 펌프 구동신호에 따라 예비 펌프를 기동시키고, 트립되지 않은 구동중인 펌프의 구동 상태를 유지시키는 펌프 운전 신호 발생부를 포함한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명은 MATLAB을 사용할 수 있는 사용자가 발전소 DCS(Distributed Control System) 로직에 주로 사용되는 ANSI/ISA S5.2를 Simulink를 통해 구현할 수 있도록 도움을 준다.

[0022] 또한 본 발명에 따르면 코드에 명시된 로직을 구현하기 위해 블록에 대한 Sub-System을 만들고 이를 시뮬레이터 내에서 적용이 가능한지를 검증한다.

[0023] 또한 본 발명에 따르면 실무 검증 단계에서는 로직 내에서 발생한 기동신호를 구현된 펌프 모델에 적용하여 3대 펌프 순환운전 시 발생할 수 있는 모든 오류 가능성을 제한된 시뮬레이션 시스템을 사용하여 설계 단계 및 운전 전에 검증할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 펌프 운전 시뮬레이션 시스템의 구성도이다.

도 2는 도 1의 라인업 선택부의 상세 구성도이다.

도 3은 도 1의 예비 펌프 절체부의 상세 구성도이다.

도 4는 도 1의 펌프 운전 신호 발생부의 상세 구성도이다.

도 5는 본 발명에 이용되는 온 지연 블록의 상세 구성도이다.

도 6은 도 5의 작동 그래프이다.

도 7은 본 발명에 이용되는 펄스 발생기의 상세 구성도이다.

도 8은 도 7의 작동 그래프이다.

도 9는 도 1의 상세 구성도이다.

도 10은 펌프 모델링 예시도이다.

도 11은 3개의 펌프 모델링 예시도이다.

도 12는 펌프에 대한 실시간 플랜트 데이터를 보여주는 예시도이다.

도 13은 시뮬레이터의 주요 디지털 신호를 보여주는 도면이다.

도 14는 예비 펌프 동작 상태를 보여주는 일실시예 도면이다.

도 15는 예비 펌프 동작 상태를 보여주는 다른 실시예 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 설명하기 위하여 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하고 이를 참조하여 살펴본다.

[0026] 먼저, 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니며, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 또한

본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0027] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 펌프 운전 시뮬레이션 시스템의 구성도이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 펌프 운전 시뮬레이션 시스템은 라인업 선택부(100), 예비 펌프 절체부(300) 및 펌프 운전 신호 발생부(500)를 포함한다.
- [0030] 상기 라인업 선택부(100)는 3개의 펌프의 기동 상태 신호를 입력받고 입력받은 펌프의 기동 상태 신호에 변화가 있는 경우에 이에 따른 라인업 신호를 생성한다.
- [0031] 그리고, 상기 예비 펌프 절체부(300)는 3개의 펌프중 어느 하나에서 트립이 발생한 경우에, 예비 펌프를 구동하는 예비 펌프 구동신호를 생성한다.
- [0032] 펌프 운전 신호 발생부(500)는 상기 라인업 선택부(100)에서 입력되는 라인업 신호와 상기 예비 펌프 절체부(300)에서 입력되는 예비 펌프 구동신호에 따라 예비 펌프를 기동시키고, 트립되지 않은 구동중인 펌프의 구동 상태를 유지시킨다.
- [0033] 한편, 상기 라인업 선택부(100)는 각 펌프에 대한 운전 상태(Running Status)와 리드/래그(Lead/Lag) 조건, 트립 조건에 따라 라인업 신호를 발생한다.
- [0034] 발전소 복수계통(Condensate System)은 터빈 배출증기와 급수펌프터빈 배출증기를 복수기에서 응축시켜 핫트웰(Hot-well)에 모아서 복수펌프와 복수증압펌프에 의하여 글랜드스팀 콘덴서, 복수탈염설비, 저압급수가열기를 거쳐 탈기 및 급수저장탱크로 보내는데, 복수펌프는 50% 용량 3대(단일속도 전동기)로 구성되고 복수기 핫트웰에서 취수한 복수를 복수증압펌프, 탈기 및 각복수 소요처에 공급하는 역할을 한다.
- [0035] 복수펌프는 병렬운전 및 단독운전이 가능하며 정상운전 시 두 대의 펌프가 운전되고 한 대는 예비용(Stand-By)이다[3].
- [0036] 특히, 발전플랜트의 복수 펌프(Condensate Pump)는 터빈발전기의 부하(Load) 및 유체의 온도 등 운전 조건 과라미터에 따라 영향을 미칠 수 있는 설비이고 복수펌프가 제대로 운전되지 않을 경우 발전소 트립이 발생하기 때문에 복수펌프를 로직적으로 안정적인 운전이 될 수 있도록 구현하고 검증하는 작업은 매우 중요하다고 할 수 있다[4].
- [0037] 이를 위하여 라인업(Line-Up)은 총 3개의 모드로 구성되며, Lead MATLAB/Simulink를 이용한 화력발전소 복수펌프 순환기동로직 시뮬레이션 구현 펌프는 라인업 조건에 의해 정해진다.
- [0038] 라인업은 운전원이 선택할 수 있으며 라인업 조건에 따라 리드(Lead) 펌프와 래그(Lag) 펌프가 결정된다.
- [0039] 리드(Lead) 펌프 기동신호는 라인업 리드(Lead) 조건에 해당하는 AND 게이트를 통해 리드(Lead) 펌프 기동 신호를 발생시킨다.
- [0040] 마찬가지로 래그(Lag) 펌프 기동신호도 래그(Lag) 펌프와 연결된 AND 게이트를 통해 발생된다.
- [0041] 트립은 리드(Lead) 펌프 동작 시 또는 리드(Lead), 래그(Lag) 두 펌프가 운전될 경우로 나뉜다.
- [0042] 그룹 운전 모드에서 리드(Lead) 펌프 동작중 장애 발생(Fail) 시 자동으로 정해진 다음 펌프로 기동신호가 발생하고, 트립 펌프를 뺀 나머지 펌프들로 리드(Lead), 래그(Lag)가 구성된 라인업으로 자동 절체 된다[5].
- [0043] 라인업 구성은 (표 1)과 같다.

표 1

	라인업 1	라인업 2	라인업 3
펌프 A	리드	예비	래그
펌프 B	래그	리드	예비
펌프 C	예비	래그	리드

- [0045] 이와 같은 라인업 선택부(100)에 대한 시뮬레이션 구성은 도 2와 같다.
- [0046] 도 2를 참조하면, 라인업 선택부(100)는 자동 선택기(110), 수동 선택기(120), 다수의 라인업 선택기(130-1~130-3), 다수의 전단 부정 논리 연산기(140-1~140-3), 다수의 전단 논리곱 연산기(150-1~150-3), 다수의 펄스 발생기(160-1~160-3), 다수의 전단 논리합 연산기(170-1~170-3), 다수의 후단 논리합 연산기(180-1~180-2), 다수의 SR 플립플롭(190-1~190-3), 다수의 후단 부정 논리 연산기(200-1, 200-2), 후단 논리곱 연산기(210) 및 다수의 라인업 표시기(220-1~220-3)를 구비하고 있다.
- [0047] 상기 자동 선택기(110)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며, 1버튼을 누른 경우에 자동 모드 선택 신호가 발생된다.
- [0048] 그리고, 수동 선택기(120)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며, 1버튼을 누른 경우에 수동 모드 선택 신호가 발생된다.
- [0049] 상기 자동 선택기(110)의 출력은 제1 SR 플립플롭(190-1)의 S 단자에 연결되며, 수동 선택기(120)의 출력은 제1 SR 플립플롭(190-1)의 R 단자에 연결되어 있다.
- [0050] 이와 같은 구성에서 자동 선택기(110)의 1버튼을 누르게 되면 1 신호가 제1 플립플롭(190-1)의 S 단자로 들어가 출력 Q에 1 신호를 발생시키게 된다.
- [0051] 이와 같은 상황에서 제1 플립플롭(190-1)의 출력 Q를 0으로 하기 위해서는 자동 선택기(110)의 0버튼을 누른 후에 수동 선택기(120)를 1버튼을 누른 후에 다시 0버튼을 누르면 된다. 본 발명에서는 자동 모드 상태에서 자동 선택기(110)의 1버튼이 눌러진 상태를 유지한다.
- [0052] 다음으로, 다수의 라인업 선택기(130-1~130-3)는 제1 라인업 선택기(130-1)와, 제2 라인업 선택기(130-2) 및 제3 라인업 선택기(130-3)를 포함하고 있다.
- [0053] 상기 제1 라인업 선택기(130-1)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며, 1버튼을 누른 경우에 제1 라인업 선택 신호가 발생된다. 이후에, 제1 라인업 선택기(130-1)는 0버튼을 유지해야 한다.
- [0054] 상기 제2 라인업 선택기(130-2)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며, 1버튼을 누른 경우에 제2 라인업 선택 신호가 발생된다. 이후에, 제2 라인업 선택기(130-2)는 0버튼을 유지해야 한다.
- [0055] 상기 제3 라인업 선택기(130-3)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며, 1버튼을 누른 경우에 제3 라인업 선택 신호가 발생된다. 이후에, 제3 라인업 선택기(130-3)는 0버튼을 유지해야 한다.
- [0056] 이와 같은 제1 라인업 선택기(130-1) 내지 제3 라인업 선택기(130-3)는 초기에 어떤 라인업으로 구동할지를 결정할 때 사용될 수 있으며, 이후에는 0 상태를 유지한다. 즉 제1 라인업 선택기(130-1)는 초기에 제1 라인업으로 구동할 때 사용할 수 있으며 이후에는 0 상태를 유지한다. 동일하게, 제2 라인업 선택기(130-2)은 초기에 제2 라인업으로 구동할 때 사용할 수 있으며 이후에는 0 상태를 유지한다. 동일하게, 제3 라인업 선택기(130-3)은 초기에 제3 라인업으로 구동할 때 사용할 수 있으며 이후에는 0 상태를 유지한다.
- [0057] 한편, 다수의 전단 부정 논리 연산기(140-1~140-3)는 펌프 C의 기동 상태 신호를 입력받는 제1 전단 부정 논리 연산기(140-1)와, 펌프 A의 기동 상태 신호를 입력받는 제2 전단 부정 논리 연산기(140-2) 및 펌프 B의 기동 상태 신호를 입력받는 제3 전단 부정 논리 연산기(140-3)를 포함하고 있다.
- [0058] 제1 전단 부정 논리 연산기(140-1)는 펌프 C의 기동 상태 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0059] 즉, 상기 펌프 C에서 출력되는 기동 상태 신호가 1인 경우에 이를 반전시켜 0을 출력한다.
- [0060] 그리고, 제2 전단 부정 논리 연산기(140-2)는 펌프 A의 기동 상태 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0061] 즉, 상기 펌프 A에서 출력되는 기동 상태 신호가 1인 경우에 이를 반전시켜 0을 출력한다.
- [0062] 상기 제3 전단 부정 논리 연산기(140-3)는 펌프 B의 기동 상태 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0063] 즉, 상기 펌프 B에서 출력되는 기동 상태 신호가 1인 경우에 이를 반전시켜 0을 출력한다.
- [0064] 이에 따라, 제1 전단 부정 논리 연산기 내지 제3 전단 부정 논리 연산기(140-1~140-3)에서 출력되는 출력을 보게 되면, 라인업 1인 경우에 011을 입력받아 100을 출력하고, 라인업 2인 경우에 101을 입력받아 010을 출력하

며, 라인업 3인 경우에 110을 입력받아 001을 출력한다.

- [0065] 한편, 다수의 전단 논리곱 연산기(150-1~150-3)는 제1 전단 부정 논리 연산기(140-1)의 출력을 입력받는 제1 전단 논리곱 연산기(150-1)과, 제2 전단 부정 논리 연산기(140-2)의 출력을 입력받는 제2 전단 논리곱 연산기(150-2) 및 제3 전단 부정 논리 연산기(140-3)의 출력을 입력받는 제3 전단 논리곱 연산기(150-3)을 구비하고 있다.
- [0066] 상기 제1 전단 논리곱 연산기(150-1)는 제1 전단 부정 논리 연산기(140-1)의 출력 이외에 제1 SR 플립플롭의 출력 신호를 입력받으며, 펌프 A의 기동 상태 신호를 입력받아 논리곱하여 출력한다.
- [0067] 즉, 제1 전단 논리곱 연산기(150-1)는 펌프 C의 상태 신호의 반전 신호와 펌프 A의 상태 신호 그리고 제1 SR 플립플롭(190-1)의 출력 신호가 1일때 1인신호를 출력하고 그외에는 0인 신호를 출력한다.
- [0068] 그리고, 상기 제2 전단 논리곱 연산기(150-2)는 제2 전단 부정 논리 연산기(140-2)의 출력 이외에 제1 SR 플립플롭의 출력 신호를 입력받으며, 펌프 B의 기동 상태 신호를 입력받아 논리곱하여 출력한다.
- [0069] 즉, 제2 전단 논리곱 연산기(150-2)는 펌프 A의 상태 신호의 반전 신호와 펌프 B의 상태 신호 그리고 제1 SR 플립플롭(190-1)의 출력 신호가 1일때 1인신호를 출력하고 그외에는 0인 신호를 출력한다.
- [0070] 또한, 상기 제3 전단 논리곱 연산기(150-3)는 제3 전단 부정 논리 연산기(140-3)의 출력 이외에 제1 SR 플립플롭의 출력 신호를 입력받으며, 펌프 C의 기동 상태 신호를 입력받아 논리곱하여 출력한다.
- [0071] 즉, 제3 전단 논리곱 연산기(150-3)는 펌프 B의 상태 신호의 반전 신호와 펌프 C의 상태 신호 그리고 제1 SR 플립플롭(190-1)의 출력 신호가 1일때 1인신호를 출력하고 그외에는 0인 신호를 출력한다.
- [0072] 이에 따라 제1 전단 논리곱 연산기 내지 제3 전단 논리곱 연산기(150-1~150-3)은 라인업 1일 때 100을 출력하고, 라인업 2일때 010을 출력하며, 라인업 3일때 001을 출력한다.
- [0073] 다음으로, 다수의 펄스 발생기(160-1~160-3)는 현재 1입력이 있을 때 시간 T동안 1인 펄스 신호를 생성하여 출력하며, 제1 전단 논리곱 연산기(150-1)의 출력에 연결된 제1 펄스 발생기(160-1)와, 제2 전단 논리곱 연산기(150-2)의 출력에 연결된 제2 펄스 발생기(160-2)와, 제3 전단 논리곱 연산기(150-3)의 출력에 연결된 제3 펄스 발생기(160-3)을 구비하고 있다.
- [0074] 그리고, 다수의 전단 논리합 연산기(170-1~170-3)는 제1 라인업 선택기(130-1)의 출력 신호와 제1 펄스 발생기(160-1)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제1 전단 논리합 연산기(170-1)와, 제2 라인업 선택기(130-2)의 출력 신호와 제2 펄스 발생기(160-2)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제2 전단 논리합 연산기(170-2) 및 제3 라인업 선택기(130-3)의 출력 신호와 제3 펄스 발생기(160-3)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제3 전단 논리합 연산기(170-3)를 포함한다.
- [0075] 이와 같은 제1 전단 논리합 연산기 내지 제3 전단 논리합 연산기(170-1~170-3)은 라인업 1인 경우에 100을 출력하고, 라인업 2인 경우에 010을 출력하며, 라인업3인 경우에 001을 출력한다.
- [0076] 다음으로, 다수의 후단 논리합 연산기(180-1~180-2)는 제2 전단 논리합 연산기(170-2)의 출력 신호와 제3 전단 논리합 연산기(170-3)의 출력 신호 그리고 제3 SR 플립플롭(190-3)의 출력 신호를 피드백받아 논리합하여 출력하는 제1 후단 논리합 연산기(180-1)와 제2 전단 논리합 연산기(170-3)의 출력 신호와 제1 전단 논리합 연산기(170-1)의 출력 신호 그리고 제2 SR 플립플롭(190-2)의 출력 신호를 피드백받아 논리합하여 출력하는 제2 후단 논리합 연산기(180-3)을 포함한다.
- [0077] 이러한 제1 후단 논리합 연산기(180-1)과 제2 후단 논리합 연산기(180-2)는 라인업1에서는 01 신호를 출력하고, 라인업 2에서는 11신호를 출력하며, 라인업 3에서는 10을 출력한다.
- [0078] 한편, 다수의 SR 플립플롭(190-1~190-3)은 자동 스위치(110-1)의 출력 신호를 S 단자로 입력받고, 수동 스위치(110-2)의 출력 신호를 R 단자로 입력받아 출력 신호 Q와 반전 출력 신호 Q'을 출력하는 제1 SR 플립플롭(190-1)과, 제1 전단 논리합 연산기(170-1)의 출력 신호를 S 단자로 입력받고, 제1 후단 논리합 연산기(180-1)의 출력 신호를 R 단자로 입력받아 출력 신호 Q와 출력 반전신호 Q'을 출력하는 제2 SR 플립플롭(190-2) 및 제3 전단 논리합 연산기(170-3)의 출력 신호를 S 단자로 입력받고, 제2 후단 논리합 연산기(180-2)의 출력 신호를 R 단자로 입력받아 출력 신호 Q와 출력 반전신호 Q'을 출력하는 제3 SR 플립플롭(190-3)을 포함한다.
- [0079] 상기 제1 SR 플립플롭(190-1)은 기동시에는 1인 상태를 유지하고 있다.

- [0080] 상기 제2 SR 플립플롭(190-2)과 제3 SR 플립플롭(190-3)의 출력신호는 라인업1에서는 10이 되고, 라인업 2에서는 00이 되며, 라인업3에서는 01이 된다.
- [0081] 한편, 다수의 후단 부정 논리 연산기(200-1~200-2)는 제2 SR 플립플롭(190-2)의 출력 신호를 입력받는 제1 후단 부정 논리 연산기(200-1)와 제3 플립플롭(190-3)의 출력 신호를 입력받는 제2 후단 부정 논리 연산기(200-2)를 포함한다.
- [0082] 제1 후단 부정 논리 연산기(200-1)는 제2 SR 플립플롭의 출력 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0083] 즉, 상기 제2 플립플롭의 출력 신호가 1인 경우에 이를 반전시켜 0을 출력하고, 0인 경우에 이를 반전시켜 1을 출력한다.
- [0084] 그리고, 제2 후단 부정 논리 연산기(200-2)는 제3 플립플롭의 출력 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0085] 즉, 상기 제3 플립플롭에서 출력되는 신호가 1인 경우에 이를 반전시켜 0을 출력하고, 0인 경우에 이를 반전시켜 1을 출력한다.
- [0086] 이에 따라 제1 후단 부정 논리 연산기(200-1)와 제2 후단 부정 논리 연산기(200-2)는 라인업1인 경우에는 01을 출력하고, 라인업 2인 경우에는 11을 출력하며, 라인업 3인 경우에는 10을 출력한다.
- [0087] 한편, 후단 논리곱 연산기(210)은 제1 후단 부정 논리 연산기(200-1)의 출력과 제2 후단 부정 논리 연산기(200-2)의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하며, 라인업1인 경우에는 0을, 라인업 2인 경우에는 1을, 라인업 3인 경우에는 0을 출력한다.
- [0088] 다음으로, 다수의 라인업 표시기(220-1~220-3)은 각각의 라인업 상태를 표시하며, 제1 라인업 상태를 표시하는 제1 라인업 표시기(220-1)과, 제2 라인업 상태를 표시하는 제2 라인업 표시기(220-2)와, 제3 라인업 상태를 표시하는 제3 라인업 표시기(220-3)을 포함한다.
- [0089] 상기 제1 라인업 표시기(220-1)은 제2 플립플롭의 출력 Q에 연결되어 있으며 출력 Q에서 1이 출력되는 라인업 1에서는 1 상태를 표시한다.
- [0090] 그리고, 상기 제2 라인업 표시기(220-2)는 후단 논리곱 연산기(210)에 연결되어 있으며 후단 논리보 연산기(210)에서 라인업 2에서 1이 출력되며 이에 따라 라인업 2에서 1상태를 표시한다.
- [0091] 상기 제3 라인업 표시기(220-2)는 제3 플립플롭에 연결되어 있으며 라인업 3에서 제3 플립플롭에서 출력 Q가 1을 출력하면 라인업 3의 상태인 1을 표시한다.
- [0092] 본 시물레이션에서는 운전원이 조작해야 하는 각종 조건들을 자동 선택기(110), 수동 선택기(120), 다수의 라인업 선택기(130-1~130-3)를 사용하여 실시간 시물레이션이 가능하도록 구현하였다.
- [0093] 세 대의 펌프 A, B, C는 발전소 부하에 따라 리드(Lead) 펌프가 우선적으로 운전되도록 구성된다. 나머지 한 대의 펌프는 예비(Stand-By)펌프로 리드(Lead) 또는 래그(Lag) 펌프가 운전 중 또는 기동시에 문제가 생겼을 경우 기동 되도록 구성 된다.
- [0094] 발전소를 최대 부하로 운전하기 위해서는 두 대의 복수펌프가 동시에 운전되어야 하며 한 펌프는 트립 시에 자동으로 예비(Stand-By) 펌프가 기동하도록 하기 위해서는 해당 기능을 구현하는 로직이 필요하다.
- [0095] 이를 위하여 본 발명에서는 예비 펌프 절체부(300)가 구비되어 있으며, 상기 예비 펌프 절체부(300)는 펌프 구동 시 문제가 발생했을 경우 예비 펌프로 절체한다.
- [0096] 이와 같은 예비 펌프 절체부(300)의 구성은 도 3과 같다.
- [0097] 도 3을 참조하면, 예비 펌프 절체부(300)는 2개의 리드 자동 시작 선택기(310-1, 310-2)와, 3대의 그룹 자동 트립 선택기(320-1~320-3)과, 3개의 펌프 기동 상태 발생기(330-1~330-3)와, 다수의 전단 부정 논리 연산기(340-1~340-3), 다수의 전단 논리곱 연산기(350-1~350-3), 다수의 전단 논리합 연산기(360-1~360-3), 다수의 펄스 발생기(370-1~370-3), 다수의 중단 논리합 연산기(380-1~380-2), 다수의 후단 부정 논리 연산기(390-1~390-3), 다수의 후단 논리곱 연산기(400-1~400-7), 다수의 후단 논리합 연산기(410-1~410-3)을 구비하고 있다.
- [0098] 상기 2개의 리드 자동 시작 선택기(310-1, 310-2)에서 제1 리드 자동 시작 선택기(310-1)는 제1 펄스 발생기(370-1)의 입력단자에 연결되어 있으며, 제2 리드 자동 시작 선택기(310-2)는 제1 중단 논리합 연산기(380-1)의 입력단자에 연결되어 있다.

- [0099] 이와 같은 제1 리드 자동 시작 선택기(310-1)은 자동 모드로 동작할 때에 자동 모드 선택 신호인 1 신호를 제1 펄스 발생기(370-1)에 제공한다.
- [0100] 이에 따라 제1 펄스 발생기(370-1)는 주기 T를 가지는 펄스를 발생시켜 제1 중단 논리합 연산기(380-1)로 제공한다.
- [0101] 그리고, 이때 제2 리드 자동 시작 선택기(310-2)는 자동 모드로 동작할 때에 1신호를 제1 중단 논리합 연산기(380-1)로 제공한다.
- [0102] 이처럼 제1 펄스 발생기(370-1)에서 주기 T를 가지는 펄스를 입력받고 제2 리드 자동 시작 선택기(310-2)에서 1신호를 입력받으면 1의 자동 모드 선택 신호를 발생시켜 펌프 운전 신호 발생부(500)로 제공하여 펌프 운전 신호 발생부(500)가 자동 모드로 동작하도록 한다. 여기에서, 2개의 리드 자동 시작 선택기를 구비한 것은 사용자의 편의를 위한 것이다.
- [0103] 한편, 제1 그룹 자동 트립 선택기(320-1)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며 1버튼이 선택되면 펌프 A의 자동 선택 신호를 출력하는 제1 자동 선택기(320-1a)와 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며 1버튼이 선택되면 펌프 A의 트립 선택 신호를 출력하는 제1 트립 선택기(320-1b)를 구비하고 있다.
- [0104] 그리고, 제2 그룹 자동 트립 선택기(320-2)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며 1버튼이 선택되면 펌프 B의 자동 선택 신호를 출력하는 제2 자동 선택기(320-2a)와 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며 1버튼이 선택되면 펌프 B의 트립 선택 신호를 출력하는 제2 트립 선택기(320-2b)를 구비하고 있다.
- [0105] 또한, 제3 그룹 자동 트립 선택기(320-3)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며 1버튼이 선택되면 펌프 C의 자동 선택 신호를 출력하는 제3 자동 선택기(320-3a)와 0버튼과 1버튼을 구비하고 있으며 1버튼이 선택되면 펌프 C의 트립 선택 신호를 출력하는 제3 트립 선택기(320-3b)를 구비하고 있다.
- [0106] 여기에서, 상기 다수의 자동 선택기는 1의 신호를 유지하고 있어야 하며, 트립 발생시에 이에 해당하는 펌프의 자동 상태 신호가 0으로 변경되어야 한다.
- [0107] 그리고, 상기 트립 선택기는 트립이 발생한 펌프에 해당하는 경우에 1신호를 출력하여야 한다.
- [0108] 한편, 3개의 펌프 기동 상태 발생기(330-1~330-3)는 0버튼과 1버튼을 구비하고 있어 1버튼이 펌프 A의 기동 상태 신호를 발생시키는 제1 펌프 기동 상태 발생기(330-1)과, 0버튼과 1버튼을 구비하고 있어 1버튼이 펌프 B의 기동 상태 신호를 발생시키는 제2 펌프 기동 상태 발생기(330-2) 및 0버튼과 1버튼을 구비하고 있어 1버튼이 펌프 C의 기동 상태 신호를 발생시키는 제3 펌프 기동 상태 발생기(330-3)를 구비하고 있다.
- [0109] 상기 제1 펌프 기동 상태 발생기(330-1) 내지 제3 펌프 기동 상태 발생기(330-3)는 라인업1에서는 110 신호를, 라인업2에서는 011 신호를, 라인업 3에서는 101 신호를 발생한다.
- [0110] 한편, 다수의 부정 논리 연산기(340-1~340-3)는 펌프 A의 자동 상태 신호를 입력받는 제1 부정 논리 연산기(340-1)와, 펌프 B의 자동 상태 신호를 입력받는 제2 부정 논리 연산기(340-2) 및 펌프 C의 자동 상태 신호를 입력받는 제3 부정 논리 연산기(340-3)를 포함하고 있다.
- [0111] 제1 부정 논리 연산기(340-1)는 펌프 A의 자동 상태 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0112] 그리고, 제2 부정 논리 연산기(340-2)는 펌프 B의 자동 또는 트립 상태 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0113] 상기 제3 부정 논리 연산기(340-3)는 펌프 C의 자동 또는 트립 상태 신호를 입력받아 이를 반전시켜 출력한다.
- [0114] 이러한 다수의 부정 논리 연산기(340-1)는 트립 발생시에 해당 펌프의 자동 상태 신호로 0신호가 입력되며 이에 따라 이를 반전시킨 1을 출력한다.
- [0115] 한편, 다수의 전단 논리곱 연산기(350-1~350-4)는 제1 부정 논리 연산기(340-1)의 출력을 입력받고 펌프 A의 기동 상태를 피드백 받는 제1 전단 논리곱 연산기(350-1)과, 제2 부정 논리 연산기(340-2)의 출력을 입력받고 펌프 B의 기동 상태를 피드백 받는 제2 전단 논리곱 연산기(350-2)와, 제3 부정 논리 연산기(340-3)의 출력을 입력받고 펌프 C의 기동 상태를 피드백 받는 제3 전단 논리곱 연산기(350-3) 및 펌프 A 내지 C의 기동 상태를 입력받는 제4 전단 논리곱 연산기(350-4)를 구비하고 있다.
- [0116] 또한, 펌프 A, B, C의 기동 상태 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제4 논리합 연산기(260-3)을 구비하고

있다.

- [0117] 상기 제1 전단 논리곱 연산기(350-1)은 제1 부정 논리 연산기(340-1)의 출력 이외에 펌프 A의 기동 상태 피드백 신호를 입력받아 논리곱하여 출력한다.
- [0118] 즉, 제1 전단 논리곱 연산기(350-1)은 펌프 A의 상태 신호의 반전 신호와 펌프 A의 기동 상태 피드백 신호의 출력 신호가 1일때 1인신호를 출력하고 그외에는 0인 신호를 출력한다. 즉, 펌프 A의 기동 상태 피드백 신호가 1을 유지하고 있을 때에 트립이 발생되면 1을 출력한다.
- [0119] 그리고, 상기 전단 제2 논리곱 연산기(350-2)은 제2 부정 논리 연산기(340-2)의 출력 이외에 펌프 B의 기동 상태 피드백 신호의 출력 신호를 입력받아 논리곱하여 출력한다.
- [0120] 즉, 제2 전단 논리곱 연산기(350-2)은 펌프 B의 상태 신호의 반전 신호와 펌프 B의 기동 상태 피드백 신호의 출력 신호가 1일때 1인신호를 출력하고 그외에는 0인 신호를 출력한다. 즉, 펌프 B의 기동 상태 피드백 신호가 1을 유지하고 있을 때에 트립이 발생되면 1을 출력한다.
- [0121] 또한, 상기 전단 제3 논리곱 연산기(350-3)은 제3 부정 논리 연산기(340-3)의 출력 이외에 펌프 C의 기동 상태 피드백 신호의 출력 신호를 입력받아 논리곱하여 출력한다.
- [0122] 즉, 제3 전단 논리곱 연산기(350-3)은 펌프 C의 상태 신호의 반전 신호와 펌프 C의 기동 상태 피드백 신호의 출력 신호가 1일때 1인신호를 출력하고 그외에는 0인 신호를 출력한다. 즉, 펌프 C의 기동 상태 피드백 신호가 1을 유지하고 있을 때에 트립이 발생되면 1을 출력한다.
- [0123] 그리고, 다수의 전단 논리합 연산기(360-1~360-3)는 제1 트립 선택기(330-1)의 출력 신호와 제1 전단 논리곱 연산기(360-1)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제1 전단 논리합 연산기(360-1)와, 제2 트립 선택기(330-2)의 출력 신호와 제2 전단 논리곱 연산기(360-2)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제2 전단 논리합 연산기(360-2) 및 제3 트립 선택기(330-3)의 출력 신호와 제3 전단 논리곱 연산기(360-3)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제3 전단 논리합 연산기(360-3)를 구비하고 있다.
- [0124] 여기에서, 제1 전단 논리합 연산기(360-1) 내지 제3 전단 논리합 연산기(360-3)은 제1 트립 선택기(330-1)을 통하여 펌프 A의 트립 신호가 입력되면 100 신호를 출력하며, 제2 트립 선택기(330-2)를 통하여 펌프 B의 트립 신호가 입력되면 010 신호를 출력하며, 제3 트립 선택기(330-3)을 통하여 펌프 C의 트립 신호가 입력되면 001 신호를 출력한다.
- [0125] 한편, 다수의 펄스 발생기(370-1~370-3)은 리드 자동 시작 선택기(310-1)의 출력 신호를 입력받아 펄스폭 T를 갖는 펄스 신호를 발생시키는 제1 펄스 발생기(370-1)과, 3개의 기동 상태 신호를 입력받아 펄스폭 T를 갖는 펄스 신호를 생성하는 제2 펄스 발생기(370-2)와, 제7 후단 논리곱 연산기(400-7)의 출력 신호를 입력받아 펄스폭 T를 갖는 펄스 신호를 생성하는 제3 펄스 발생기(370-3)을 구비하고 있다.
- [0126] 한편, 다수의 중단 논리합 연산기(380-1, 380-2)는 제1 펄스 발생기의 신호와 제2 리드 자동 시작 선택기의 신호를 입력받아 1신호가 입력되면 1신호를 출력하는 제1 중단 논리합 연산기(380-1)과, 제1 전단 논리합 연산기(360-1) 내지 제3 전단 논리합 연산기(360-3)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제2 중단 논리합 연산기(380-2)를 포함한다.
- [0127] 상기 제2 중단 논리합 연산기(380-2)는 제1 전단 논리합 연산기(360-1) 내지 제3 전단 논리합 연산기(360-3)중 어느 하나에서 1신호가 입력되면 결함 발생신호(Fault Signal)를 발생시킨다.
- [0128] 한편, 다수의 후단 부정 논리 연산기(390-1~390-3)은 펌프 C의 기동 상태 신호를 입력받는 제1 후단 부정 논리 연산기(390-1)와, 펌프 A의 기동 상태 신호를 입력받는 제2 후단 부정 논리 연산기(390-2) 및 펌프 B의 기동 상태 신호를 입력받는 제3 후단 부정 논리 연산기(390-3)를 포함하고 있다.
- [0129] 한편, 다수의 후단 논리곱 연산기(400-1~400-7)는 펌프 C의 기동 상태와 제2 전단 논리합 연산기(360-2)의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제1 후단 논리곱 연산기(400-1)과, 제1 후단 부정 논리 연산기(390-1)의 출력을 입력받고 제2 전단 논리합 연산기(360-2)의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제2 후단 논리곱 연산기(400-2)와, 펌프 A의 기동 상태와 제3 전단 논리합 연산기(360-3)의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제3 후단 논리곱 연산기(400-3)과, 제2 후단 부정 논리 연산기(390-2)의 출력을 입력받고 제3 전단 논리합 연산기(360-3)의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제4 후단 논리곱 연산기(400-4)와, 펌프 A의 기동 상태와 제1 전단 논리합 연산기(360-1)의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제5 후단 논리곱 연산기(400-5)과, 제3 후

단 부정 논리 연산기(390-3)의 출력을 입력받고 제1 전단 논리합 연산기(360-1)의 출력을 입력받아 논리곱하여 출력하는 제6 후단 논리곱 연산기(400-6)를 포함한다.

[0130] 또한, 제2 펄스 발생기(370-2)의 출력 신호를 입력받고 상태 피드백 신호를 입력받아 논리곱하여 출력하는 제7 후단 논리곱 연산기(400-7)을 더 포함한다.

[0131] 그리고, 다수의 후단 논리합 연산기(410-1~410-3)는 제1 후단 논리곱 연산기(400-1)의 출력 신호와 제4 후단 논리곱 연산기(400-4)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제1 후단 논리합 연산기(410-1)와, 제3 후단 논리곱 연산기(400-3)의 출력 신호와 제6 후단 논리곱 연산기(400-6)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제2 후단 논리합 연산기(410-2)와, 제2 후단 논리곱 연산기(400-2)의 출력 신호와 제5 후단 논리곱 연산기(400-5)의 출력 신호를 입력받아 논리합하여 출력하는 제3 후단 논리합 연산기(410-3)를 포함한다.

[0132] 상기 제1 후단 논리합 연산기(410-1)은 라인업 2 상태에서 펌프 B 또는 펌프 C에서 트립이 발생한 경우에 1 신호를 펌프 A 시작 신호로 출력하여 펌프 A를 기동시킨다.

[0133] 상기 제2 후단 논리합 연산기(410-2)은 라인업 3 상태에서 펌프 A 또는 펌프 C에서 트립이 발생한 경우에 1 신호를 펌프 B 시작 신호로 출력하여 펌프 B를 기동시킨다.

[0134] 상기 제3 후단 논리합 연산기(410-3)은 라인업 1 상태에서 펌프 A 또는 펌프 B에서 트립이 발생한 경우에 1 신호를 출력하여 펌프 C 시작 신호로 펌프 C를 기동시킨다.

[0135] 한편, 세 대의 펌프 헤더 후단에는 복수승압펌프(Condensate Booster Pump)가 구성되며 펌프를 돌리기 위한 많은 선행조건들과 펌프의 기동순서에 따른 경우의 수를 고려하면 검증해야 할 많은 부분이 존재하며, 로직 개선을 위한 설계 시에도 시뮬레이션의 사용은 매우 유용하다 할 수있다.

[0136] 펌프 운전 신호 발생부(500)는 펌프 운전 신호를 발생시키며 도 4와 같다.

[0137] 상기 펌프 운전신호 발생부(500) 다수의 전단 논리합 연산기(510-1~510-4)와, 다수의 논리곱 연산기(520-1~520-4)와, 다수의 펄스 발생기(530-1~530-3), 다수의 자동 기동 표시기(540-1~540-4), 다수의 후단 논리합 연산기(550-1~550-3), 다수의 SR 플립플롭(560-1~560-3) 및 다수의 펌프 기동상태 표시기(570-1~570-3)을 구비하고 있다.

[0138] 상기 다수의 전단 논리합 연산기(510-1~510-4)는 도 3의 펌프 A 시작 신호를 입력받는 제1 전단 논리합 연산기(510-1)과, 펌프 B 시작 신호를 입력받는 제2 전단 논리합 연산기(510-2)와, 펌프 C 시작 신호를 입력받는 제3 전단 논리합 연산기(510-3) 및 결합 발생 신호를 입력받는 제4 전단 논리합 연산기(510-4)를 포함하고 있다.

[0139] 그리고, 다수의 논리곱 연산기(520-1~520-4)는 자동 모드 신호와 제1 전단 논리합 연산기(510-1)의 신호를 입력받아 자동모드 신호가 1이고, 제1 전단 논리합 연산기(510-1)의 출력 신호가 1인 경우에, 즉 펌프 A 시작 신호가 입력된 경우에 1을 출력하는 제1 논리곱 연산기(520-1)과, 자동 모드 신호와 제2 전단 논리합 연산기(510-2)의 신호를 입력받아 자동모드 신호가 1이고, 제2 전단 논리합 연산기(510-2)의 출력 신호가 1인 경우에, 즉 펌프 B 시작 신호가 입력된 경우에 1을 출력하는 제2 논리곱 연산기(520-2)와, 자동 모드 신호와 제3 전단 논리합 연산기(510-3)의 신호를 입력받아 자동모드 신호가 1이고, 제3 전단 논리합 연산기(510-3)의 출력 신호가 1인 경우에, 즉 펌프 C 시작 신호가 입력된 경우에 1을 출력하는 제3 논리곱 연산기(520-3) 및 자동 모드 신호가 1이고 결합 발생 신호가 1인 경우에, 즉 제4 전단 논리합 연산기(510-4)의 출력이 1인 경우에 결합 발생 신호를 출력하는 제4 논리곱 연산기(520-4)를 구비하고 있다.

[0140] 상기 다수의 펄스 발생기(530-1~530-3)은 1 신호가 입력된 경우에 T 신호의 주기를 갖는 펄스 신호를 생성하여 출력한다.

[0141] 한편, 다수의 자동 기동 표시기(540-1~540-4)는 펌프 A의 자동 시작 상태를 표시하는 제1 자동 기동 표시기(540-1)과, 펌프 B의 자동 시작 상태를 표시하는 제2 자동 기동 표시기(540-2)와, 펌프 C의 자동 시작 상태를 표시하는 제3 자동 기동 표시기(540) 및 결합 발생 신호의 발생을 표시하는 결합 표시기(540-4)를 구비하고 있다.

[0142] 다음으로, 다수의 후단 논리합 연산기(550-1~550-3)는 펌프 A 정지 명령 신호와 리셋 신호를 입력받는 제1 후단 논리합 연산기(550-1)과, 펌프 B 정지 명령 신호와 리셋 신호를 입력받는 제2 후단 논리합 연산기(550-2)와, 펌프 C 정지 명령 신호와 리셋 신호를 입력받는 제3 후단 논리합 연산기(550-3)를 구비하고 있다.

[0143] 그리고, 다수의 플립플롭(560-1~560-3)은 제1 펄스 발생기(530-1)에 S 단자가 연결되고 제1 후단 논리합 연산기

(550-1)에 R 단자가 연결된 제1 플립플롭(560-1)과, 제2 펄스 발생기(530-2)에 S 단자가 연결되고 제2 후단 논리합 연산기(550-2)에 R 단자가 연결된 제2 플립플롭(560-2) 및 제3 펄스 발생기(530-3)에 S 단자가 연결되고 제3 후단 논리합 연산기(550-3)에 R 단자가 연결된 제3 플립플롭(560-3)을 구비하고 있다.

[0144] 다음으로, 다수의 펌프 기동상태 표시기(570-1~570-3)는 제1 플립플롭(560-1)에 연결된 제1 펌프 기동상태 표시기(570-1)과, 제2 플립플롭(560-2)에 연결된 제2 펌프 기동상태 표시기(570-2) 및 제3 플립플롭(560-3)에 연결된 제3 펌프 기동상태 표시기(570-3)을 구비하고 있다.

[0145] 이와 같은 구성에서 제1 플립플롭(560-1~560-3)은 게이트 전단 조건을 모두 만족할 경우 S-R Latch를 통해 '1' 신호를 발생하고 이 신호는 펌프 기동신호로 사용된다.

[0146] 신호 발생 상황은 펌프 기동 상태 표시기(570-1~570-3)를 통해 확인할 수 있다.

[0147] 한편, MATLAB에서 기본적으로 제공하는 AND, OR, NOT Gate 등은 시뮬레이션에서 그대로 사용 될 수 있다. 하지만 플랜트 발전소 로직 구현에 필수적인 온 지연 논리(On-Delay Logic), 펄스 발생기(Pulse Block), SR 플립플롭(S-R Latch)등은 MATLAB 내에서 제공하는 Block과 그 기능면에서 조금 상이하여 프로세스 Logic에 적용하기 어렵다.

[0148] 본 발명에서는 ANSI/ISA 5.2에서 사용되는 On-Delay 블록과 Pulse 기능을 MATLAB에서 구현 되도록 도 4와 도 6과 같은 Sub-System을 제안한다. 구현된 Sub-System은 독립된 블록으로 구현되어 시뮬레이션 내에서 제한 없이 사용될 수 있다. Sub-System의 Step 입력에 대한 파형은 도 5와 도 7과 같으며Pulse 시간은 시뮬레이션 특성에 맞게 변경할 수 있다.

[0149] 한편, 도 5는 온 지연 블록의 구성도이다.

[0150] 도 5를 참조하면, 온 지연 블록은 제1 데이터 유형 변환기(610), 전송포트 지연기(620), 가산기(630), 비교기(640), 상수 제공기(650), 제2 데이터 유형 변환기(660), 부정 논리 연산기(670), 플립플롭(680), 제3 데이터 유형 변환기(690)을 포함한다.

[0151] 상기 제1 데이터 유형 변환기(610)는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 출력한다.

[0152] 그러면, 전송 포트 지연기(620)는 일정한 시간을 지연시켜 출력하며, 가산기(630)는 제1 데이터 유형 변환기(610)의 출력과 전송 포트 지연기(620)의 출력을 가산하여 출력한다.

[0153] 이에 따라 비교기(640)은 상수 제공기(650)에서 제공되는 2와 같은지를 비교하여 같으면 제2 데이터 유형 변환기(660)으로 1을 출력한다.

[0154] 이에 따라 제2 데이터 유형 변환기(660)는 이러한 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 플립플롭(680)의 S 단자로 입력시키며 플립플롭(680)은 출력 Q를 1로 출력한다.

[0155] 이때, 부정 논리 연산기(670)은 플립플롭의 R 단자에 0신호를 제공한다.

[0156] 그리고, 제3 데이터 유형 변환기(690)는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 출력한다.

[0157] 이러한 온 지연 블록의 파형도가 도 6에 도시되어 있다.

[0158] 한편, 도 7은 펄스 발생기의 내부 구성도이다.

[0159] 도 7을 참조하면, 펄스 발생기는 제1 데이터 유형 변환기(710), 전송포트 지연기(720), 배타적 논리합 연산기(730), 곱셈기(740) 및 제2 데이터 유형 변환기(750)을 구비하고 있다.

[0160] 상기 제1 데이터 유형 변환기(710)는 입력되는 데이터 유형을 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 배타적 논리곱 연산기(730)와 전송포트 지연기(720) 그리고 곱셈기(730)로 출력한다.

[0161] 전송포트 지연기(720)는 제1 데이터 유형 변환기(710)에서 입력되는 신호를 지연시켜 배타적 논리합 연산기(730)으로 출력한다.

[0162] 한편, 배타적 논리합 연산기(740)는 제1 데이터 유형 변환기(710)의 출력 신호와 전송포트 지연기(720)의 출력 신호를 입력받아 배타적 논리합을 하여 곱셈기(740)으로 출력한다. 즉, 배타적 논리합 연산기(740)는 지연된 시간동안 1신호를 출력한다.

[0163] 상기 곱셈기(740)은 제1 데이터 유형 변환기(710)의 출력과 배타적 논리합 연산기(730)의 출력을 입력받아 곱셈

연산하여 출력한다. 그 결과 주시 T를 가지는 펄스 신호가 생성된다.

[0164] 그러면, 제2 데이터 유형 변환기(710)는 곱셈기(740)에서 입력된 신호를 데이터 변환하여 출력한다.

[0165] 이와 같은 펄스 발생기의 출력 파형은 도 8과 같다.

[0166] 위의 모든 기능을 조합하여 구성한 복수펌프 기동 및 순환기동로직을 MATLAB으로 구성된 로직은 도 9와 같다.

[0167] 본 발명에서 제시한 모델링의 대상은 펌프, 밸브, 배관 등이다. 본 발명의 모델은 펌프 제어 및 운전상황 예측 등에 활용할 시뮬레이터를 개발하는 것이므로 동적 거동이 실제와 유사할 수 있는 물리적 모델이어야 한다.

[0168] 이러한 관점의 동적 모델 개발에 관해 많은 연구가 진행 MATLAB/Simulink를 이용한 화력발전소 복수펌프 순환기동로직 시뮬레이션 구현되었으나 MATLAB에서 사용할 수 있는 가장 최적의 모델을 사용하기로 한다[7-9].

[0169] MATLAB에서 제공하는 펌프 모델은 파라미터를 다르게 적용함으로써 그 특성을 자유롭게 변경할 수 있다.

[0170] 펌프에 대한 근사식은 주어진 펌프, 각속도 및 액체 특성에 대해 Euler 방정식을 통해 아래와 같이 유도될 수 있다[9-10].

[0171] (수학식 1)

$$P_{ref}=k \cdot P_E-P_{HL}-P_D$$

[0173] 식(1)에서 P_{ref} 는 펌프를 통과하는 압력차이고 이 수치는 기준 각속도와 밀도에 따라 변화한다. 우변식의 k값은 펌프 내부에서 발생할 수 있는 블레이드 체적, 유체내부 마찰 등을 보정할 수 있는 보정 계수이다. P_E 는 Euler 압력이며 P_{HL} 은 펌프 통로 내에서 유압 손실로 발생할 수 있는 압력 손실이다. P_D 는 정해진 펌프 정격값 대비 펌프 토출의 편차로 인한 압력 손실이고, P_E 는 Euler식에 의해 결정 된다. 펌프 크기를 고려할 때 일정한 각속도 및 특정 유체에서의 압력은 Euler 방정식을 통해 아래와 같이 근사할 수 있다[9-10].

[0174] (수학식 2)

$$P_E=\rho_{ref}(c_o-c_1 \cdot q_{ref})$$

[0176] 수학식(2)에서 ρ_{ref} 는 유체의 밀도이고, c_o 와 c_1 는 근사계수로서 Euler식을 분석하거나 실험을 통해 유추하여 사용할 수 있다. q_{ref} 는 펌프 체적 운송 값이다. 펌프 내부에서는 유체와 블레이드 간 마찰 등으로 인해 압력 손실이 발생하는데, 특정 유속에 따른 발생하는 압력 편차(PD)는 아래 식과 같이 유추할 수 있다[9-10].

[0177] (수학식 3)

$$P_D=\rho_{ref} \cdot c_3(q_D-q_{ref})^2$$

[0179] 식(3)에서 열거한 식으로부터 펌프 전 후단 압력의 관계는 아래 식으로 표현될 수 있다.

[0180] (수학식 4)

$$P_{ref}=\rho_{ref} \cdot (k(c_o-c_1 \cdot q_{ref})-c_2q_{ref}^2-c_3(q_D-q_{ref})^2)$$

[0182] 식(4)는 MATLAB에서 제공하는 펌프 블록 특성을 나타내며, 파라미터를 변경함으로써 발전소 복수펌프의 실제 특성과 유사한 특성을 보이도록 조정할 수 있다.

[0183] 순환기동로직으로부터 발생한 기동 신호는 스위치(Switch)를 동작시킴으로써 모터를 구동 한다.

[0184] 도 10에서 펌프의 T는 펌프 전단 배관에 연결되는 흡입단이며, P는 펌프 후단에 연결되는 배출단이고, S는 펌프 드라이브 측에 연결된 기계적 회전체와 연결된 포트이다.

[0185] 위에서 구성된 펌프 모델링으로 복수펌프 3대에 대한 모델을 구성하면 도 11과 같다.

[0186] 도 11에 따라 구성된 시뮬레이션을 이용해 예비(Stand-By) 펌프가 기동되는 시점에 따른 복수펌프 후단 헤더(Header)압력의 변화를 시뮬레이션 하였다.

[0187] 표 2는 펌프 모델링을 위한 실제 펌프 사양에 대한 데이터이다. 모델 펌프는 기동 신호를 받아 1700rpm으로 회

전하도록 구성하였다.

표 2

Data Type, Unit	Specification
Rated Capacity, m ³ /h	1228
Total Differential Head, m	125
Pump speed, rpm	1780
NPSH required, m	5.6
Discharge pressure, bar	12.5

회전하는 펌프 후단의 헤더압력은 펌프 후단 조건에 따라 압력이 형성된다. 도 12는 실제 플랜트의 복수펌프 기동에 따른 복수 펌프 후단 압력에 대한 트렌드(Trend)이다.

그래프는 리드 펌프를 기동 후 래그 펌프를 기동한 뒤 래그 펌프를 정지하고 리드 펌프를 정지하는 과정을 보여준다.

그래프에서 각 펌프 기동 및 정지 시 압력 변화를 확인할 수 있다. 본 발명에서 수행한 시뮬레이션은 도 12의 초반부의 펌프 2대 순차 기동을 가정하였다.

래그 펌프가 운전 중 갑작스런 이상으로 인해 트립 되고 예비(Stand-By) 펌프가 자동으로 절체 되는 상황을 가정하여 시뮬레이션을 수행하였고 전 과정에 대한 헤더의 압력 변화를 측정하였다.

도 12는 시뮬레이션 중 발생하는 주요 디지털 신호 대한 파형을 보여준다.

각 펌프의 기동 시점에서 기동펄스가 발생하며 펄스에 따라 기동된 펌프의 피드백을 확인할 수 있다. 160초 시점의 펌프 트립 신호는 임의로 발생시켰으며 펌프 트립 신호에 따른 예비 펌프가 기동됨을 확인할 수 있다.

도 13에 따라 기동되는 펌프의 토출 압력은 도 14와 도 16에서 확인할 수 있다.

도 14의 20초 시점에서 기동된 리드 펌프는 수 초안에 1700rpm에 도달하고 펌프 후단 조건에 따라 약 7.3bar를 유지한다. 실제 펌프 운전에서는 헤더 후단의 밸브의 개도 및 복수펌프 후단에 설치된 복수승압펌프 전단 압력 조건에 따라 압력이 변하게 된다. 리드 펌프 기동 후 약 60초 후(그래프 80초 시점)에 래그 펌프가 기동함에 따라 헤더 압력은 10bar 까지 상승한다.

도 14의 160초 시점에서 펌프의 트립을 가정한 강제 트립을 발생시키고 예비 펌프가 약 10초 내에 재 기동하며 변화하는 헤더 압력 변화를 160초와 170초 사이에서 확인할 수 있다.

도 15의 160초 시점은 도 14와 동일 조건에서 예비 펌프가 3초 이내 재 기동됨을 가정한 시뮬레이션이다. 펌프 기동 간격에 따른 변화를 도 14와 비교할 수 있음을 확인할 수 있다.

MATLAB/Simulink를 이용한 화력발전소 복수펌프 순환기동로직 시뮬레이션 구현한 결과적으로 리드, 래그 펌프 기동 시 발생하는 압력변화 및 펌프 트립 시 예비 펌프 기동시점 변화에 따른 펌프 후단 헤더 토출압력 변화를 본 발명에서 제안한 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있음을 증명하였다.

본 발명은 MATLAB을 이용하여 바이너리(Binary) 로직과 제공된 라이브러리 내 펌프를 연동하여 실제 발전소 복수펌프의 순환 기동에 대한 시뮬레이션이 가능하며, 펌프가 순차적으로 기동 하고 펌프 한 대가 트립 되었을 때 예비(Stand-By) 펌프가 기동하는 전 과정에서의 압력 변화를 확인할 수 있음을 보였다. 구현된 로직의 Auto/Manual, 펌프 Selection, Running Status 등 실제 운전 시 발생하는 수많은 조건은 Manual Switch를 통해 설계자 또는 운전원이 각종 운전 조건을 바꾸며 손쉽게 실시간 시뮬레이션을 할 수 있으며, 이를 통해 로직 검증 및 로직 개선 작업을 용이하게 할 수 있음 확인되었다. 추가적으로 필요한 발전소 복수펌프 기동 시점에 대한 연구는 발전소 부하 및 각 펌프 기동 시 영향을 받는 시스템들을 종합적으로 고려하여 적용되어야 하며, 본 발명을 토대로 발전시킬 수 있을 것이다.

이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상이 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아

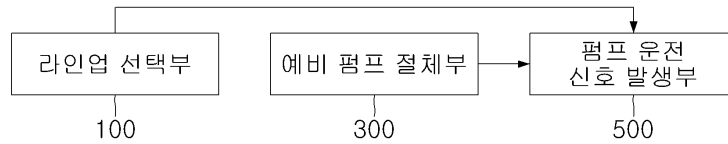
래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

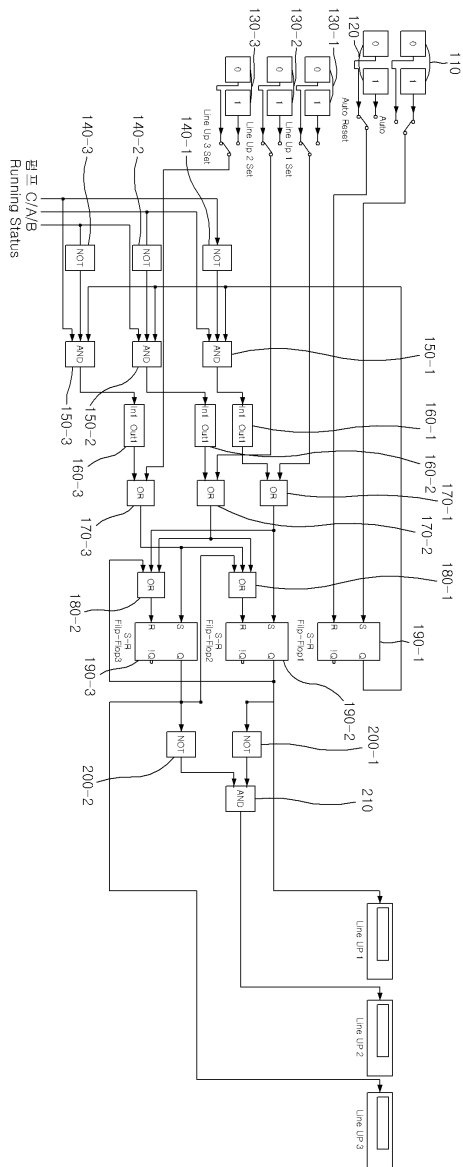
[0202] 100 : 라인업 선택부 300 : 예비 펌프 절체부
 500 : 펌프 운전 신호 발생부

도면

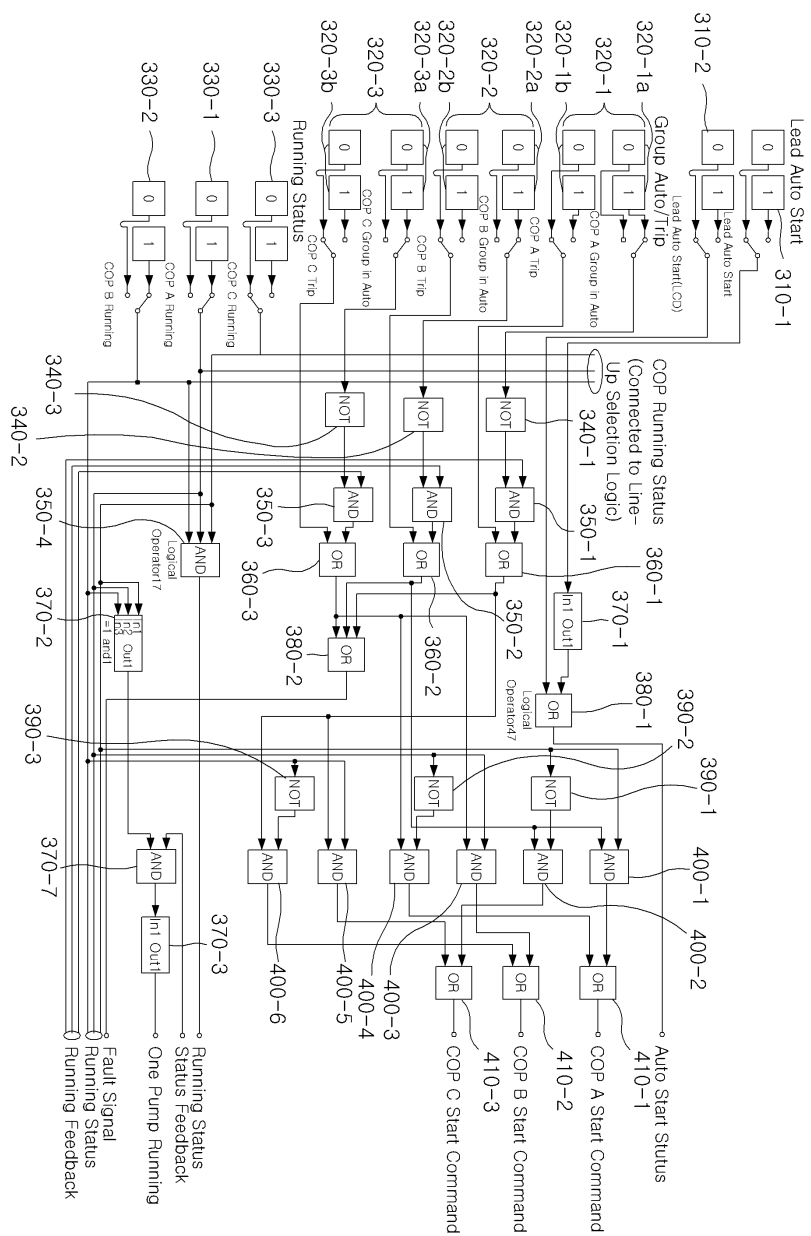
도면1



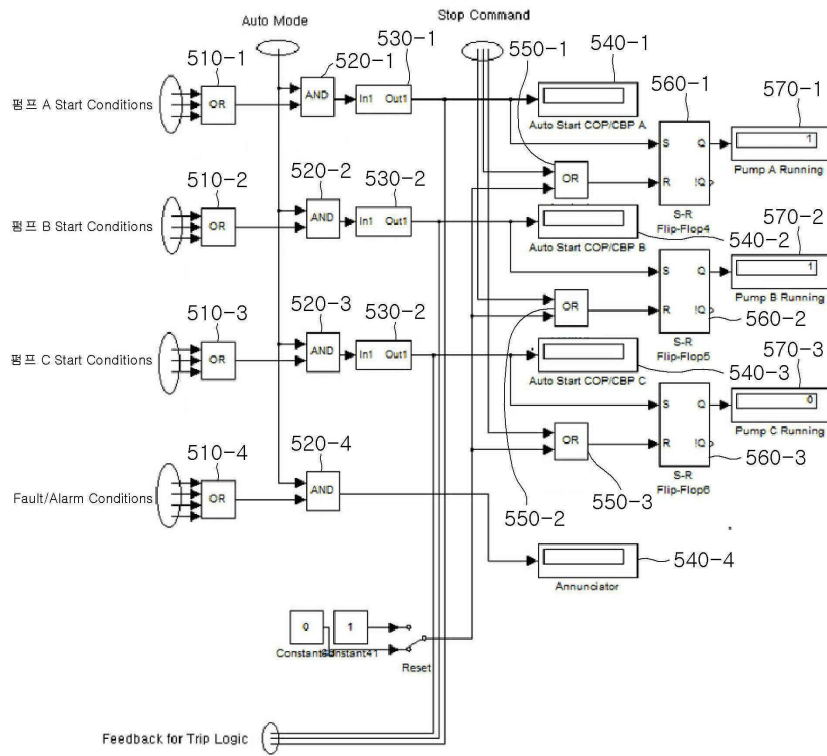
도면2



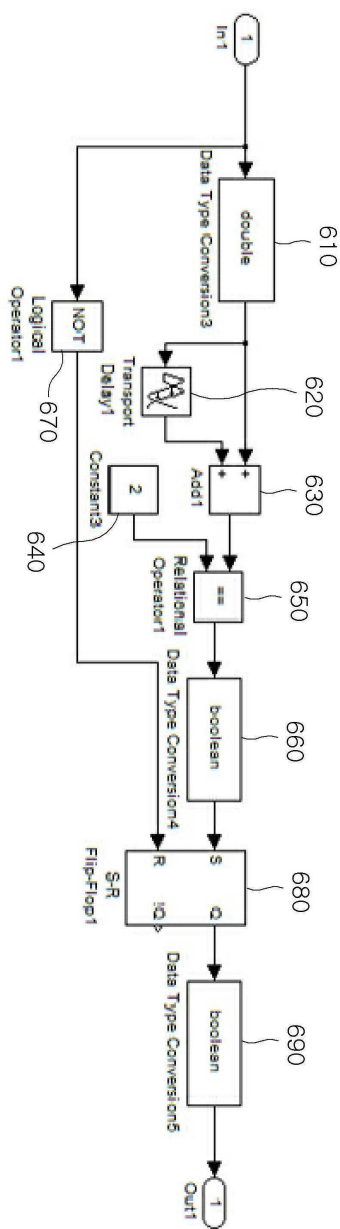
도면3



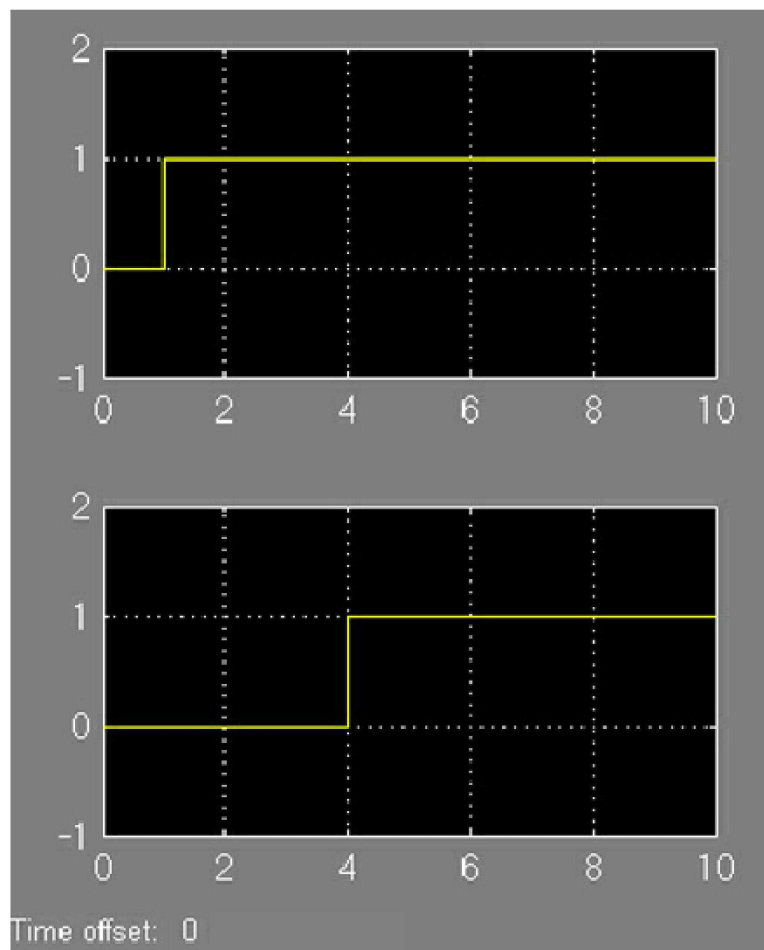
도면4



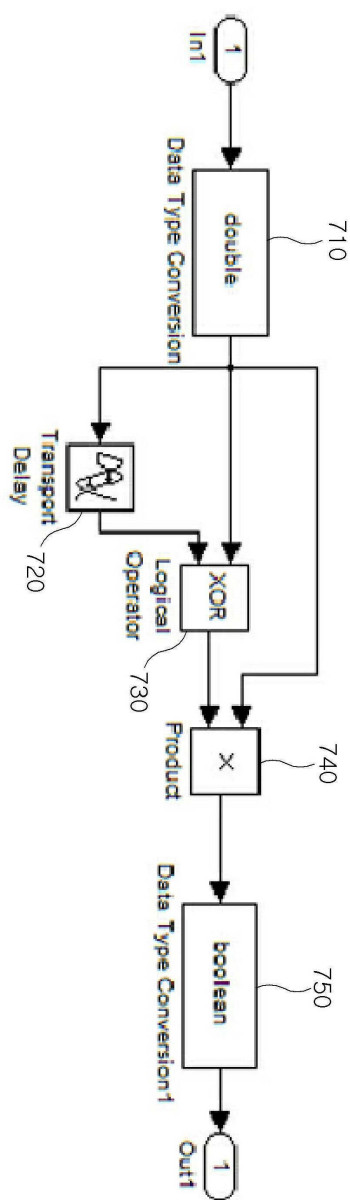
도면5



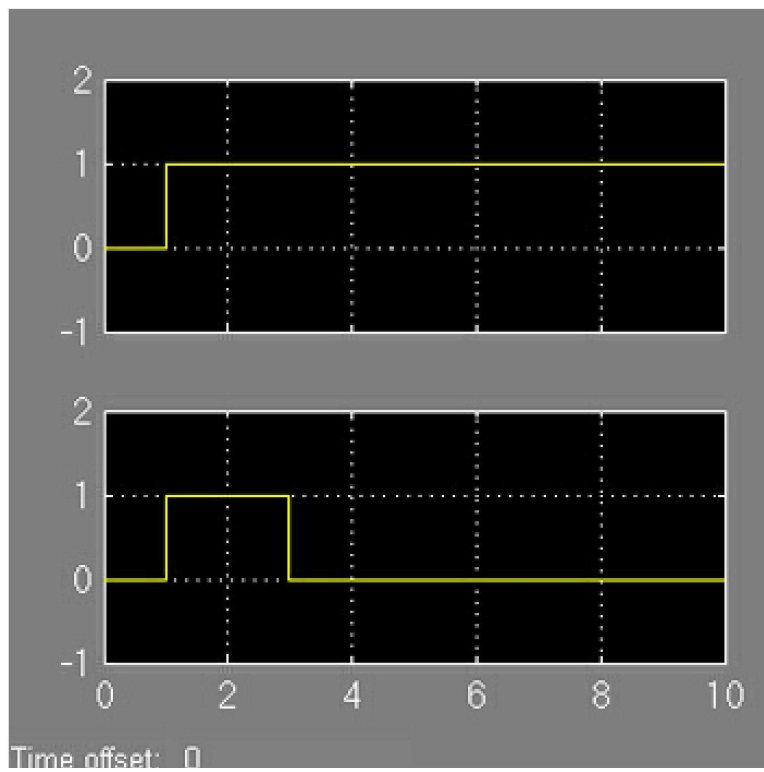
도면6



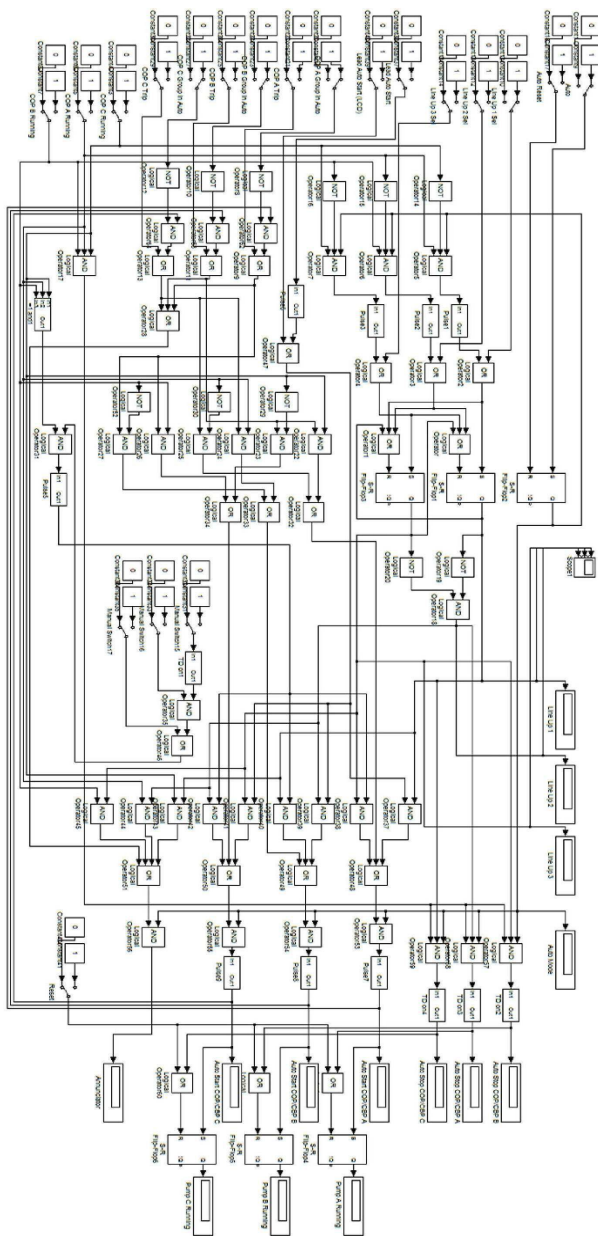
도면7



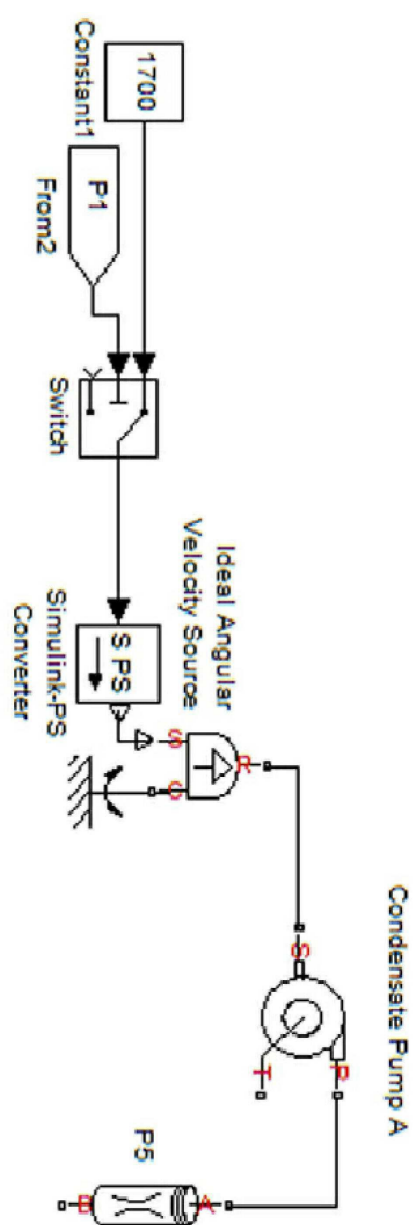
도면8



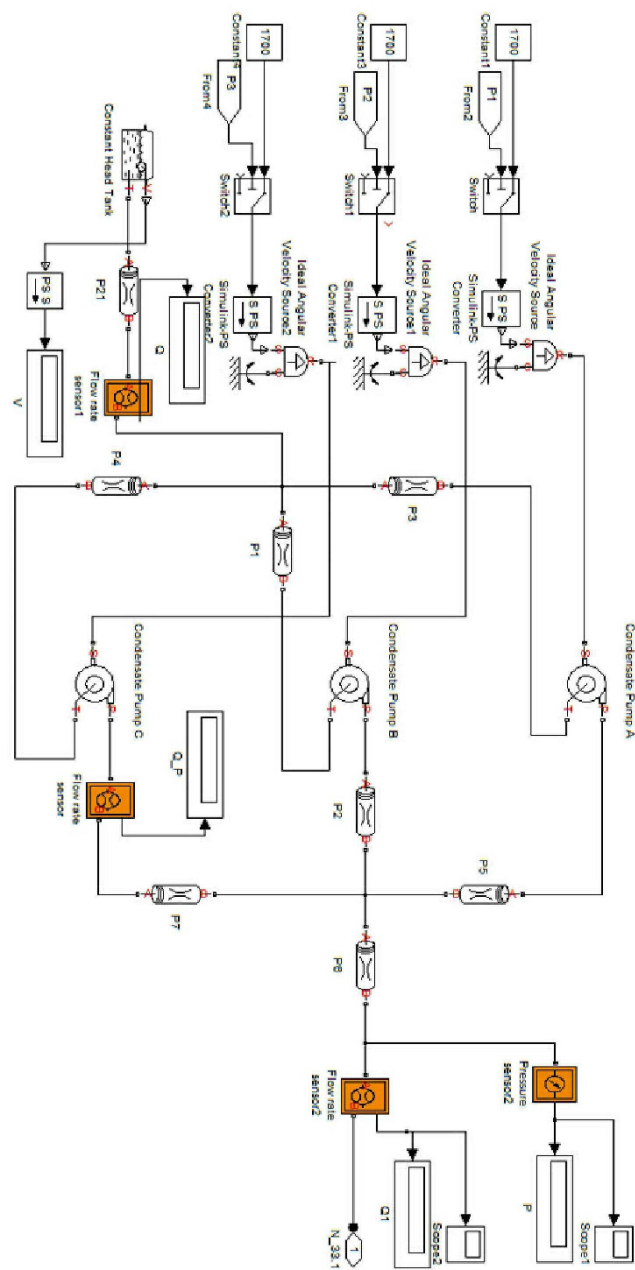
도면9



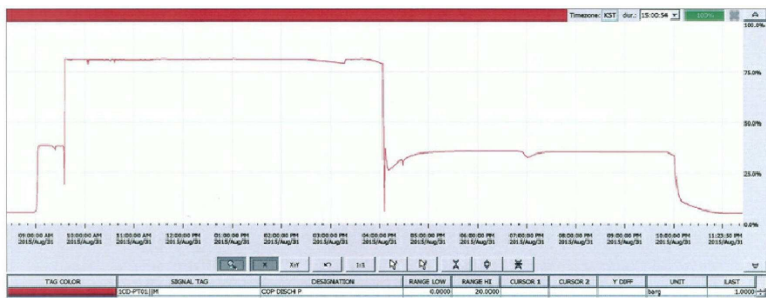
도면10



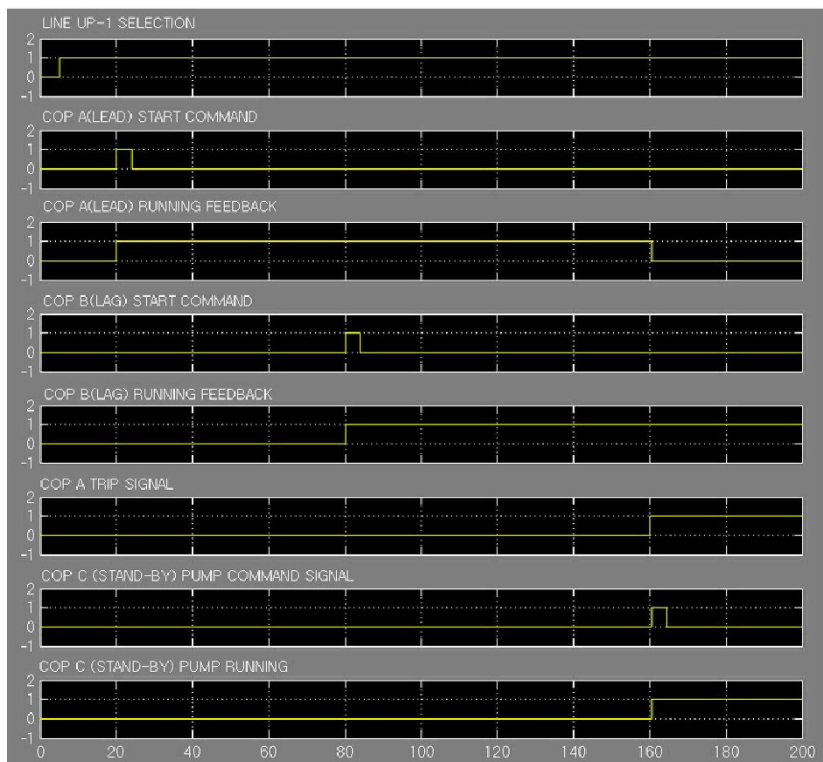
도면11



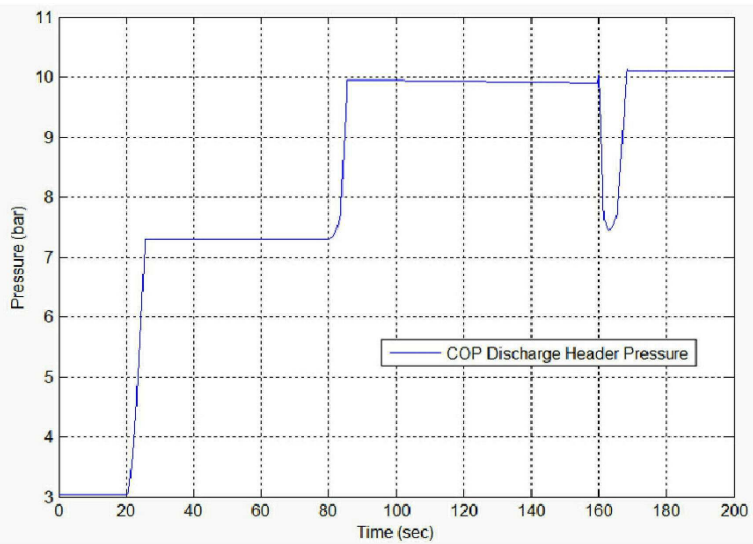
도면12



도면13



도면14



도면15

