

FPD 장비 습식공정에서의 안전한 히터 공급 계통도 및 제어 회로

Safety Schematic Diagram and Sequence of Heater in FPD Wet Equipment

유 흥 렬*, 손 영 득*

Heung-Ryol Yoo*, Yung-Deug Son*

Abstract

In FPD WET equipment, heaters are used a lot. There are many electric accidents caused by short circuit and overheating due to the use of heater, so it is necessary to have a safe electric system and interlock. Therefore, in this paper, we propose an electrical schematic and interlock for FPD WET equipment. In this paper, a hardware interlock such as a level sensor, an overheat protector, and an SSR heater sink is inserted, and the electric system is composed of ELB - MC - SSR - EOCR - heater. When the interlock occurs, the magnetic contactor (MC) is turned off and the power of the heater is cut off. EOCR, an electric overcurrent protection device, has an interlock to shut down the MC when there is an abnormality in the heater while checking the overcurrent, undercurrent and disconnection. These circuit configurations and interlocks are likely to be useful not only for WET equipment but also for any equipment in which the heater is placed.

요 약

FPD(Flat Panel Display) WET(습식) 장비의 히터 사용은 필수로 사용된다. 히터 사용에 따른 단선과 과열로 인한 전기 사고가 다발하여 안전한 전기 계통도 및 인터락이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 FPD WET 장비에 들어가는 전기 계통도 및 인터락을 제안하였다. 레벨센서, 과열방지기, SSR heater sink와 같은 하드웨어 인터락을 넣었으며, 전기 계통도로써는 ELB - MC - SSR - EOCR - Heater로 구성되어 있다. 인터락 발생시 마그네틱 컨택터(MC)가 오프되어 Heater의 전원을 차단하는 방식이다. 전기적 과전류 보호장치인 EOCR 과전류, 부족전류, 단선 체크를 하면서 히터에 이상 있을 시 MC를 차단하는 인터락이 구성되어 있다. 이러한 회로 구성 및 인터락은 WET 장비 뿐만 아니라 히터가 들어가는 어떠한 장비에도 유용할 것으로 보인다.

Key words : EOCR, FPD, HEATER, INTERLOCK, LEVEL SENSOR, MC

* Dept. of Mechanical Facility Control Engineering,
Korea University of Technology and Education

★ Corresponding author

E-mail : ydson@koreatech.ac.kr, Tel : +82-41-560-1297
Manuscript received Mar. 7, 2019; revised Mar. 16, 2019;
accepted Mar. 25, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

일반적으로, 평판 디스플레이(Flat Panel Display) 장치는 액정 표시 장치(Liquid Crystal Display), 플라즈마 디스플레이소자(Plasma Display Panel), 유기 발광 소자(Organic Light Emitting Diodes)등을 말한다. 이러한 평판 디스플레이 장치는 기판상의 사진(photo), 확산(diffusion), 증착(deposition), 식각(etching), 세정(cleaning) 및 건조(drying)등과

같은 공정 등을 반복하여 제조한다. 이러한 공정들 중, 세정 공정은 다양한 종류의 약액을 이용하여 화학 반응을 일으켜 기판 상의 불필요한 물질을 제거시킨다. 이와 같이 화학 공정을 이용하는 세정 공정은 온도 및 농도 등이 주요 요인으로 작용한다 [1]. 따라서 본 논문에서는 히터를 사용함에 있어 안전 사양을 적용하였다.

II. 본론

1. 세정장치

세정 공정이 진행 되는 세정장비는 약액을 저장하는 약액 탱크, 약액을 탱크로 공급하는 펌프, 약액을 가열시키는 히터, 히터를 제어하는 히터 제어 장치 및 세정 장비를 제어하는 컨트롤러 등이 있다. 이러한 세정장비는 약액 탱크 내 약액이 공급되면서 웨이브(wave) 현상이 발생하면, 소정의 레벨 이상 또는 이하에서 레벨센서가 동작 할 수 있다. 따라서 제어 장치가 온/오프 반복할 수 있으며, 이에 따라 히터가 불안정하게 동작 할 수 있다. 그리고 히터 제어 장치 중 제어 신호에 따라 히터에 전력을 공급하여 열을 발생 시키는 SSR(Solid State Relay)은 히터를 동작 시키는 동안 계속해서 과열 할 수 있다. 또한 히터 제어 장치의 오류로 인해 히터가 계속해서 과열 될 경우 약액 탱크 내의 약액 또한 과열 될 수 있다[2][3]. 따라서 본 논문은 상기의 문제점을 고려하여, 세정 공정에서 약액을 가열하는 히터를 보다 효과적으로 제어 할 수 있는 평판 제조용 장치 제조용 장비를 제안한다.

2. 레벨센서 동작

그림 1은 레벨 센서가 약액 탱크와 연결되어 약액 탱크 내 약액의 레벨을 감지할 수 있다. 이에 따라 약액이 공급되어 소정 레벨에 도달하면 레벨 센서는 제어 신호를 타이머 및 펌프로 제공한다.

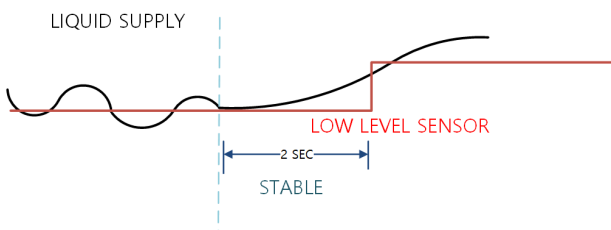


Fig. 1. level sensor movement.

그림 1. 레벨센서 동작

3. 히터제어 구성도

그림 2의 전기 제어 구성도는 히터 제어 장치로서 약액 탱크 내에 약액이 소정 레벨까지 저장되면 레벨 센서와 타이머를 거쳐 제어 신호를 전달받아 히터를 동작시킨다.

이러한 히터 제어 장치는 마그네틱 콘택터(Magnetic Contactor : M/C), SSR(Solid State Relay), EOCR (Electronic Over Current Relay), SSR 그리고 온도 센서로 구성되어진다. 마그네틱 콘택터는 타이머로부터 제어 신호가 전달되면 온(on)되어 SSR을 동작시킨다. SSR은 마그네틱 콘택터로부터 전달 받은 신호에 따라 히터로 전력을 공급하여 히터에서 열을 발생시킨다. 이러한 SSR은 가열시키고자 하는 약액의 온도에 따라 전력량을 달리하여 히터에 제공할 수 있다. 그리고 전력을 계속 공급함에 따라 SSR이 과열될 수 있으므로 이를 감지하기 위한 SSR 온도 센서와 연결되어 있다. 그리고, EOCR이 SSR과 히터 사이에 설치되어 있어, 히터로 전력을 계속 공급할 때 히터의 상태를 모니터링 할 수 있다. 따라서 히터의 단선, 과부하 또는 과전류 등과 같은 히터의 이상 상태를 체크할 수 있다[4]. 또한, 약액 탱크와 연결된 제 1 및 제 2 온도 센서는 히터에 의해 가열되는 약액의 온도를 감지할 수 있다. 이 때, 온도 센서는 2개 이상 설치할 수 있으며, 이에 따라 하나의 온도 센서에서 이상이 발생하더라도 약액의 과열 및 화재 발생을 방지할 수 있다. 그리고 컨트롤러는 세정 장비에 구비되는 단위 장치들과 연결되어 있어, 각 단위 장치를 프로그램을 통해 제어할 수 있다.

4. 인터락 제어

그림 2와 그림 3의 시퀀스 동작을 보면 우선 펌프를 동작시켜 약액 탱크 내로 약액을 공급한다. 약액이 공급되기 시작하면 인터락이 발생하여 레벨 센서가 동작한다. 레벨 센서가 동작함에 따라, 약액 탱크 내 약액이 소정 레벨에 도달했는지 감지하게 된다.

이 때, 약액의 레벨이 소정 레벨에 도달하지 못하면 약액이 약액탱크 내로 계속 공급되며, 약액의 레벨이 소정 레벨에 도달된 것을 감지하면 레벨 센서는 제어 신호를 타이머 및 펌프로 제공한다. 이에 따라, 레벨 센서에서 발생된 제어 신호는 펌프의 동작을 중단시키며, 타이머로 전달된 제어 신호

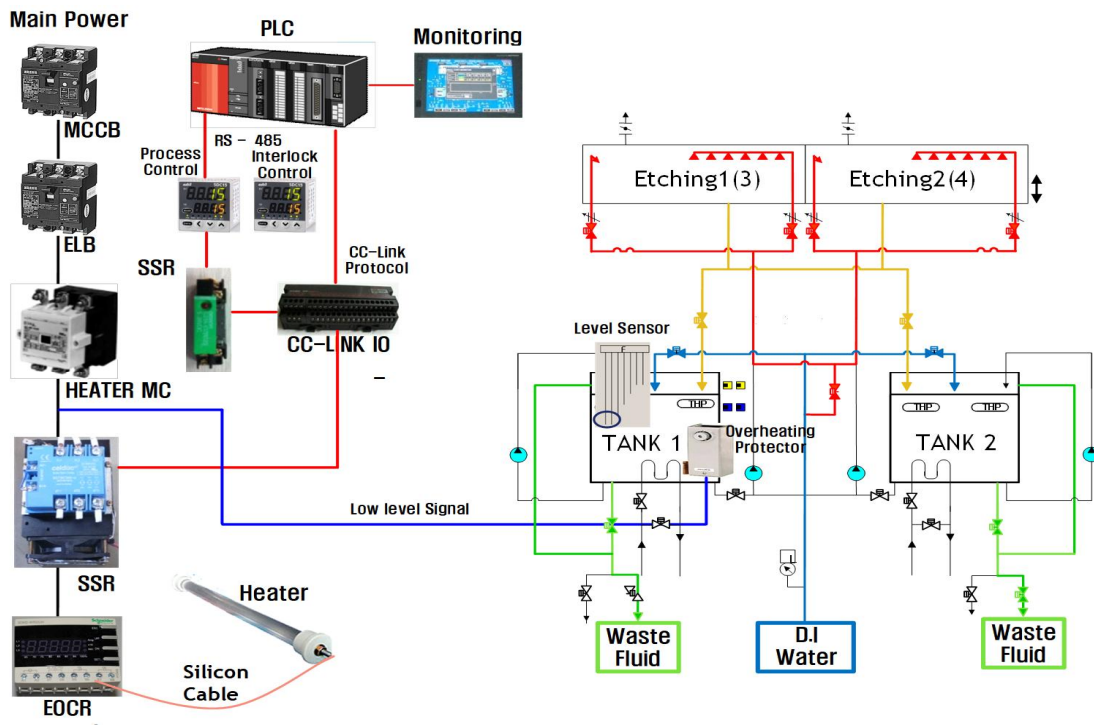


Fig. 2. FPD wet control System.
그림 2. FPD 습식 히터 제어 구성도

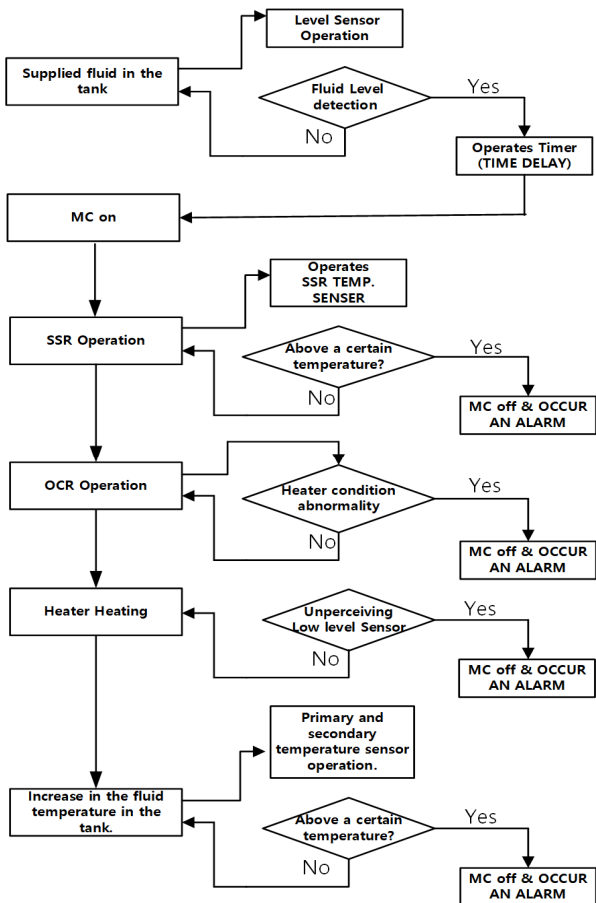


Fig. 3. FPD WET Heater Interlock Sequence.
그림 3. FPD 습식 히터 인터락 시퀀스

는 소정 시간동안 지연되어 히터 유지 장치의 마그네틱 콘택터로 전달된다. 이와 같이 타이머에서 지연되는 시간 동안 약액 탱크 내의 약액의 웨이브 현상이 제거될 수 있다. 이후, 타이머로부터 마그네틱 콘택터에 제어 신호가 전달되면, 마그네틱 콘택터가 온(on)되며, 이에 따라 SSR이 동작한다. 그리고, SSR이 동작하면 SSR은 OCR 동작시킨 다음, 히터로 전력을 공급하여 히터에서 열이 발생된다. 이에 따라 약액 탱크 내 약액의 온도가 상승한다. 이와 같은 동작 중, SSR의 동작이 시작되면 인터락이 발생하며 SSR의 과열을 방지한다. 즉, SSR의 동작함과 동시에, SSR의 온도 센서가 동작하며, SSR의 온도 센서는 SSR의 온도가 일정 온도 이상(예를 들어, 60~80℃)인지 체크한다.

이 때, SSR의 온도가 일정 온도 이하이면 계속해서 SSR을 동작시키며, SSR의 온도가 일정 온도 이상으로 과열되었으면, 마그네틱 콘택터 및 컨트롤러로 제어 신호를 제공하여 마그네틱 콘택터를 오프(off)시켜 히터의 동작을 중단시킬 수 있다. 그리고 이와 동시에 컨트롤러를 통해 알람을 발생시킬 수 있다[4]-[7]. 그리고 약액을 가열시키는 동작 중, EOCR이 동작함과 동시에 인터락이 발생한다. 인터락이 발생하면, 히터의 단선, 과부하 또는 과전

류 등과 같은 히터의 이상 상태 발생을 감지할 수 있으며, 히터가 정상 상태인 경우 계속해서 EOCR 이 동작된다. 그리고 히터에 이상 상태가 발생하면 EOCR에서 마그네틱 컨택터 및 컨트롤러로 제어 신호를 전달한다. 이에 따라 마그네틱 컨택터가 오프되어 히터의 동작을 중단시키며, 컨트롤러를 통해 알람이 발생된다. 또한, 약액을 가열시키는 동작 중, 히터가 동작하여 약액의 온도가 상승함과 동시에 인터락이 발생한다. 즉, 제 1 및 제 2 온도 센서가 동작하며, 히터에 의해 가열되는 약액의 온도를 감지하기 시작한다. 이에 따라 제 1 또는 제 2 온도 센서가 일정 온도 이상의 약액 온도를 감지하면, 제 1 또는 제 2 온도 센서에서 마그네틱 컨택터 및 컨트롤러로 제어 신호를 제공한다. 이에 따라 마그네틱 컨택터 오프되어 히터의 동작을 중단시키며, 컨트롤러를 통해 알람을 발생시킨다. 이와 같이 두개 이상의 온도 센서를 동작시킴으로써, 하나의 온도 센서에 불량 발생하더라도 다른 온도 센서의 동작으로 약액의 과열 및 화재를 방지할 수 있다. 이와 같이, 평판 디스플레이 장치 제조용 장비를 제어함으로써, 히터를 안정적으로 동작시킬 수 있다.

5. 습식에칭 온도 관리

Ziegler-Nichols 개루프 동조법을 이용한 PID (Proportional-Integral-Derivative) 제어를 적용하여 Wet 에칭에서 사용하는 Etchant 약액의 온도를 제어하였으며 그 결과는 그림 4와 같다. 약액의 온도습성을 고려 최초 제어신호가 30분 경과 후 목표치인 30°C에서 안정화를 이룰 수 있음을 알 수 있다. 여기서 비례이득 P값은 0.1, 적분이득 I 값은 240 그리고 미분이득 D값은 60으로 설정하여 실험하였다.

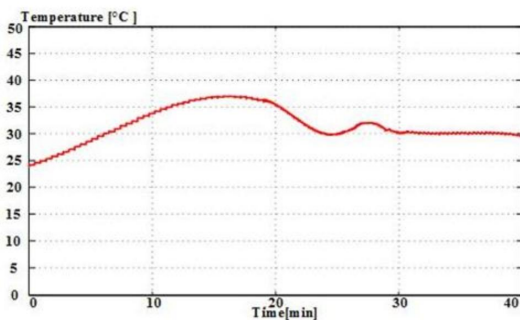


Fig. 4. Etchant Temperature data.

그림 4. Etchant 약액 온도데이터

III. 결론

본 논문에 따르면, 첫째, 약액의 레벨을 측정하는 레벨 센서와 타이머를 연결함으로써 약액의 웨이브 현상 발생시 소정 시간 동안 히터를 동작시키지 않으므로 약액의 웨이브 현상으로 인해 히터가 동작 및 중단이 반복되는 것을 방지할 수 있다. 둘째, 히터 제어 장치 중 SSR에 온도를 감시하는 SSR 온도 센서를 설치함으로써 히터에 전력을 공급하는 SSR의 과열 및 손상을 방지할 수 있다. 셋째, SSR에 EOCR을 연결하여 히터의 단선, 과부하 또는 과전류 등과 같은 이상 상태 발생시 히터의 동작을 중단시킬 수 있다. 넷째, 약액 탱크 내 약액의 온도를 감시하는 온도 센서를 두개 이상 설치함으로써, 온도 센서 불량으로 인한 약액의 과열 및 화재를 방지할 수 있다.

References

- [1] Kim U. S "Introduction to display engineering," Textbooks, 2014.
- [2] Kim J. S. "A Study on Reducing Voltage Sags Due to The Distribution System," Master degree in Kunsan National University, 2004.
- [3] Arjun Narayan Moorthy, C. C. S. Reddy, and G. P. Rangaiah "Optimization of Heat Exchanger Networks for the Utilization of Low-Temperature Process Heat," *Ind. Eng. Chem. Res.*, pp 17989-18004, 2014. DOI: 10.1021/ie5015348
- [4] Choi J, Y "ESH General Specification," *SAMSUNG Display*, 2002.
- [5] Stephen J. Chapman "Electric Machinery Fundamentals," *McGraw-Hill*, 2005.
- [6] Kim W. H, Kim J. S, "Automatic Electrical Device Design," Sungandang, 2014.
- [7] C. Alaoui, Z. M. Salameh "Solid state heater cooler: design and evaluation," *IEEE Xplore*, LESCOPE 01, 2002. DOI: 10.1109/LESCPE.2001.941640
- [8] Katsuhiko Ogata "Modern control Engineering," Pearson, 2016.

BIOGRAPHY

Heung-Ryol Yoo (Member)

2002 : BS degree in Electronics Engineering, SoonChengHang University.

2007 : MS degree in Electronics Engineering, Kunkuk University.

2018 : MS degree in Mechanical Facility Control Engineering, Korea University of Technology and Education.

2018~ : PhD degree in Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education.

2004~2013 : Senior Research Engineer, SEMES. Co., LTD.

Yung-Deug Son (Member)

1997 : BS degree in Control and Instrumentation Engineering, Korea Maritime University.

2001 : MS degree in Ocean Electro-Mechanical Engineering, Kobe University.

2015 : PhD degree in Electrical Engineering, Pusan National University.

1998 : Research student, Tokyo Institute of Technology

2001~2009 : Senior Research Engineer, Hyundai Heavy Industries Co., LTD.

2016~Present : Assistant Professor, Korea University of Technology and Education.