

경제 운전을 위한 지역난방 네트워크의 APC 구축

홍재준, 김원호*, 성아람*, 김래현

서울산업대학교 에너지환경대학원, (주)인포트롤 테크놀로지*

Development of APC of District Heating System for Economic Operation

Jae-Jun Hong, Weon-Ho Kim*, A-Ram Seong*, Lae-Hyun Kim
Seoul National University of Technology Graduate School of Energy &
Environment, Infotrol Technology Co., Ltd*

1. 서 론

광역 에너지 네트워크는 에너지 소비가 넓은 지역에 보일러, 소형 열 병합 발전, 소각로 및 하·폐수를 이용한 Heat pump 등 여러 종류의 에너지원들이 효율적으로 분산 되어 공급되는 것을 말한다.

지역난방 시스템(District Heating System)은 광역 에너지 네트워크의 대표적인 사례로 지역의 열 수요를 만족시키기 위해서 지역 열 배관망의 열전달이 가장 취약한 부분에 공급 및 회수 압력의 차, 공급압력, 공급온도 그리고 회수온도를 유지하여 줌으로써 전체 지역의 열 공급을 만족시키는 방법을 활용한다. 지역 열 배관망의 이러한 취약한 부분을 Critical Point 라고 하며, Critical Point에서 열 공급 조건이 만족 할 경우 전체 지역의 열 공급이 만족 한다고 가정한다.

경제 운전을 위해선 Critical Point에서의 열 공급 조건을 유지하면서 전체 운영비를 최소화하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 회수 온도를 낮춤으로써 전체 배관망 내의 온도를 낮출 수 있어 지역 분배 네트워크에서의 열 손실 비용을 감소 할 수 있으며, 일정 공급 온도의 경우 전달 열량을 증가 시킬 수 있어 신규 열 배관 건설 비용이 절감될 수 있다. 이러한 효과와 더불어 고려해야 할 사항이 열 공급 배관 및 측정 부위의 설비 혹은 구조적 문제로 인한 hydraulic 문제와 같은 요인으로 인하여 전체 Critical Point 에서의 운전 조건을 유지하는 것이 힘든 경우가 있다.

이러한 에너지 네트워크에서는 필요한 에너지를 공급하면서 최대의 에너지 이용효율을 유지하기 위해 네트워크의 특성을 고려한 최적 제어가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 지역난방 수서열원을 대상으로 OPC Interface의 DCS를 구축하고 APC를 적용하여 최적제어의 가능성을 제시하였다.

2. 연구의 수행방법 및 내용

2.1 DH Network 최적 제어 개요

지역난방 네트워크 APC 적용 목적은 사용자 열 수요량을 만족시키기 위해 공급온도 및 압력차를 유지하고, 효율을 증가시키기 위해 회수온도를 제한 범위 내에서 최소화 하여 배관망의 열 손실을 최소화 하는 것이다. 최적 제어를 위해서는 APC(Advanced Process Control)의 적용이 필요한데 APC는 MPC(Model Predictive Controller)를 이용한 다 변수 선진 제어 시스템으로 많은 공정운전 변수들 간의 동특성 관계를 동시에 고려한 수학적 모델로 구성되어, 안정적이고 경제적인 최적 운전을 유지하도록 제어하는 다변수 예측제어 기술이다. APC 적용을 위해선 공정 모델 구축의 선행작업이 필요하다.

2.2 공정 모델 제어 변수 구성

공정 모델 구축을 위해 자료 분석 및 운전자 인터뷰를 통해 아래와 같은 제어 변수를 선정하였고 8개의 Critical Point를 갖는 수서열원의 Plant Test를 진행하여 시간지연이 없는 1차계의 형태를 갖는 모델을 구하였다.

제어변수 (Controlled Variables, CV)

- Critical Point 회수 온도 : 최저 제한 값 이상에서 최소로 유지
- Critical Point 공급 압력 : 최대 제한 값 이하에서 유지
- Critical Point 차압 : 최저 제한 값 이상으로 유지

조절변수 (Manipulated Variables, MV)

- DH 공급 유량 : 펌프와 배관의 허용범위 내에서 운전

외란 (Disturbance Variables, DV)

- 외기 온도 : 각 Critical Point의 열 사용량은 조절변수에 가장 크게 영향을 주는 변수로 열 사용량에 가장 큰 영향을 주는 외기 온도를 열 사용량의 지표로 사용
- 지사간의 연계 유량 및 온도 : 지사간 연계 유량은 공급 온도 및 유량에 영향을 줌
- Critical Point의 공급 온도 : Critical Point의 공급 온도는 DH 공급온도에 영향을 받음

3.2 컨트롤러(Controller) 구축

구축된 공정 모델을 바탕으로 APC(Advanced Process Control)를 적용한 컨트롤러를 구축한다. 선정된 목적과 제한조건에 의해 구성된 컨트롤러 세부 컨트롤 도식은 아래와 같다.

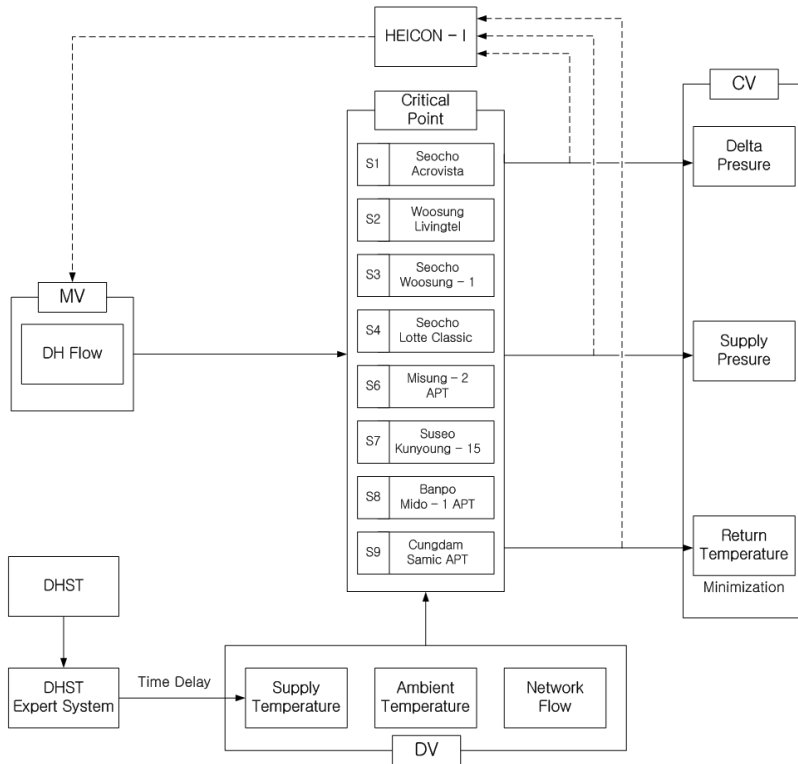


Fig. 1. Control Diagram

수서 지역의 DH network 제어는 수서열원의 보일러가 작동하여 지역에 열을 공급할 경우에 적용된다. 분당이나 중앙과의 연계만이 존재 할 경우 수서지역의 controller을 적용 할 수 없다.

Controller는 APC인 HIECON-I 631과 HMC(HIECON Management Console)을 이용하여 Intouch 기반에서 구성되었다.

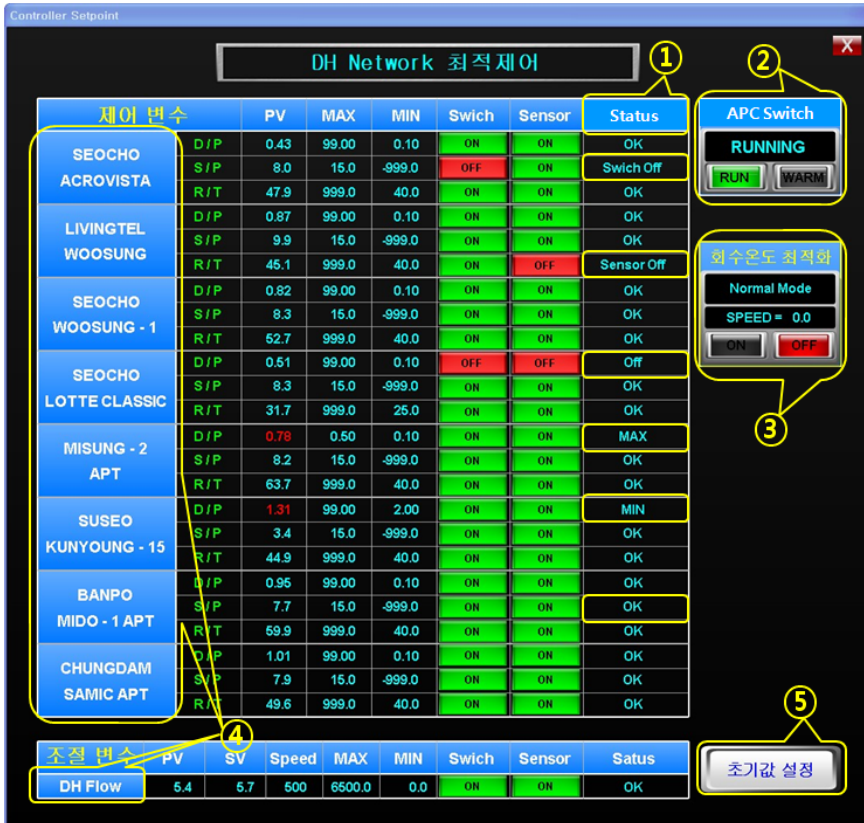


Fig. 2. APC Management Console

Intouch GUI 환경에서 작성된 APC Management Console은 HMC와 연동되어 있으며 OPC Interface를 통해 현장과 실시간으로 데이터를 읽고 쓸 수 있도록 구성되어 있고 APC 및 회수온도 최적화 시스템의 작동 여부와 제어 변수 및 조절 변수의 세부 설정이 가능하다.

①의 Status 창을 통해 현재 상태를 알 수 있도록 구성되어 있는데

- PV값이 high/low limit 범위 내에 만족하고 Switch 및 Sensor가 모두 ON상태이면 'OK'
- Switch나 Sensor가 OFF시 각각 'Switch off / Sensor off'
- Switch와 Sensor가 모두 OFF시 'Off'
- PV가 High/low limit를 벗어나면 각각 'MAX / MIN' 이라 표시하며 PV를 붉게 표시한다.

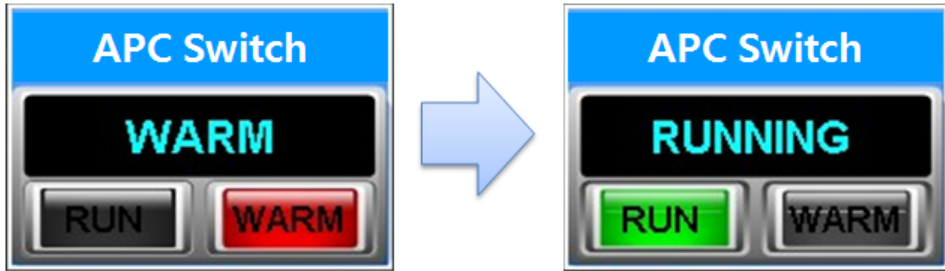


Fig. 3. APC Switch

②의 APC Switch는 APC 적용 여부를 결정 할 수 있다. Controller가 정상적으로 가동되어 대기상태에서는 'WARM'이라 표기되며 RUN 버튼을 통해 APC를 적용시에는 'RUNNING'이라 표기된다.



Fig. 4. Return Temperature Optimize Switch

③의 회수온도 최적화는 회수온도 저감을 통해 열손실을 감소시켜 경제 운전이 가능하도록 하는 기능이다. APC 가동중에 회수온도 최적화를 적용시 모든 CV가 제한값의 범위내에 만족해 있을 경우 제한값이 벗어나지 않는 안정적인 범위 내에서 사용자가 설정한 Speed로 지속적으로 DH 공급유량을 감소시켜 회수 온도를 저감하여 경제적 이득을 창출할 수 있다. 회수온도 최적화 기능 미가동 시에는 'Normal Mode'라 표기되며 가동시에는 '최적화 적용중'이란 메시지가 표기된다. 최적화 스피드는 사용자가 임의로 설정이 가능하며 회수온도 최적화를 종료했다가 다시 가동시에는 마지막으로 입력한 스피드값이 적용된다.

④의 제어변수와 조절변수의 세부항목을 선택시에는 해당정보를 Trend로 확인이 가능하다.

⑤의 초기값 설정은 제어변수, 조절 변수의 high/low limit를 미리 설정한 값으로 되돌리는 기능으로 운전애 직접적으로 영향을 주진 않는다. PV의 MIN/MAX 값을 초기화 할 때 사용한다.

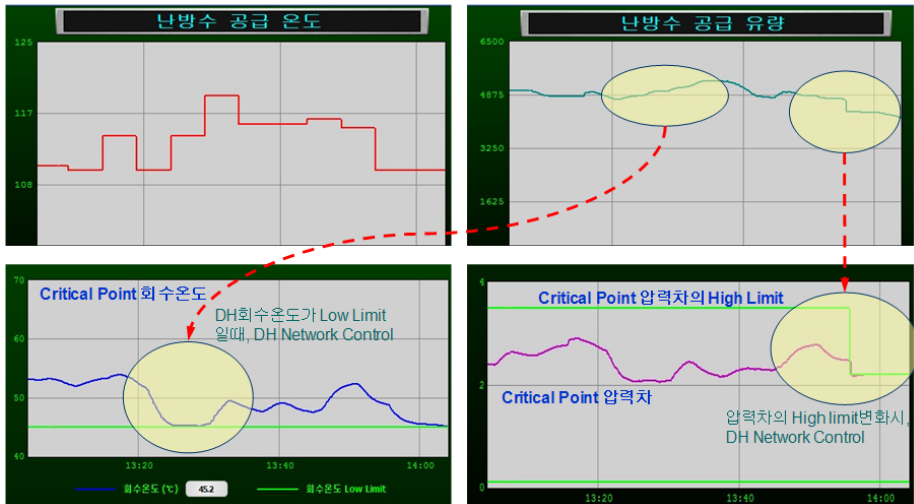


Fig. 5. example of Economic Operation by APC

APC가 적용이 되면 위와 같이 제한 범위 내에서 안정적인 운전을 하며 회수 온도를 최소화 하여 경제 운전이 가능하다.

4. 결론

본 연구에서는 광역 에너지 네트워크의 대표적인 사례인 지역난방공사의 수서 열원을 대상으로 하여 경제운전을 위한 APC를 구축하였다. APC는 지역 열 요구량을 만족하면서 회수 온도의 안정적인 저감을 달성하여 배관망으로부터 열 손실을 최소화 하는 지역난방 시스템의 최적제어에 이용 가능하다. 이는 지역난방 시스템의 에너지 효율향상에 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 타 광역 에너지 네트워크에 확대 적용 가능성을 제시한다.

5. 참고문헌

1. Joao, G.S. Fonseca Jr., Paulo, S. Schneider., "Simulation of a thermal power plant with District Heating: Comparative results of 5 different codes", Science Direct, Energy, **2006**, **31**, 1955-1968
2. Irina Gabrielaitiene, Benny Bohm, "Modelling temperature dynamics of a District Heating system in Naestved, Denmark - A case study", Energy Conversion and Management, **2007**, **48**, 78-86
3. 김원호, 김래현 외 7명, "모델예측 제어를 이용한 지역난방 네트워크 최적 제어", 한국에너지공학회논문집, 추계 학술발표회, **2008**, 513-518