KIGAS Vol.1, No.1, December, 1997
(Journal of the Korean Institute of Gas)

화학공정 비정상상황 발생시의 조업자 운전지원 시스템에 관한 연구

박경찬 · 안대명 · 황규석

부산대학교 화학공학과

(1997년 10월 8일 접수, 1997년 11월 20일 채택)

Operation Aiding System for Abnormal Situation in Chemical Plant

Kyoung-Chan Park, Dae-Myung An and Kyu-Suk Hwang

Dept. of Chem. Eng., Pusan National University, Pusan, 609-735, Korea

(Received 8 October 1997; accepted 20 November 1997)

요 약

화학 플랜트에서의 이상상황 발생시, 안정된 공정으로 복귀시키기 위하여 운전자의 의사결정을 지원하는 goal tree를 합성하는 시스템을 개발하였다. 운전자의 경험적 지식을 바탕으로 발생 가능한 많은 사고들의 특징과 이상의 규모등에 적절하게 대응조치상황을 발견할 수 있도록 지식베이스를 구축하였다. 그리고, 인공지능기법을 이용하여 적용공정에 대한 구체적인 대응조치상황을 생성하였다.

Abstract - A strategy is proposed for the systematic synthesis of goal-tree to support the operation of abnormal situation in chemical plant. A knowledge base using the heuristics of operators is organized for synthesizing goal tree to take appropriate safety precautions with properties of accident. A computer-based system which utilizes artificial intelligence technique is developed to evaluate the effectiveness of the methodology and applied to the model plant.

Key words : Expert system, operation aiding system, goal tree, abnormal situation, safety precautions

1. 서 론

최근 일련의 대형사고 발생으로 안전에 대한 사회적인 요구가 증가하고 있으며, 특히 화공산업의 경우, 많은 위험물을 직접 대량으로 취급하고, 시스템이 복잡하여 위험물 누출, 화재 또는 폭발과 같은 사고로 인하여 인근 및 주변의 환경에 까지 영향을 미칠수 있어, 그 안전성 확보에 대한 운전관리 기술이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

특히, 독성이 강하고, 폭발, 화재등의 잠재적인 위험성이 높은 가연성 가스의 사용은 화공산업뿐만 아니라, 인간생활에 상당한 부분을 차지하고 있어, 물적 인적 피해가 다른 사고에 비해 큰 대형재해로 발전될 잠재적 가능성이 높다.

본 연구에서는 각종 가연성 가스를 다량 사용하고 있는 화학공정에서 비정상상황이 발생했을시에, 공정을 안정된 목표상태로 되돌리기 위한 일련의 대처조작을 합성하여 조업자에게 제시해 주는 운전지원 시스템을 개발하고자 한다. 이 시스템은 비정상상황의 계속적인 전파로 인한 이상의 확대, 사고발생 또는 interlock이나 운전정지 절차의 구동을 방지하고, 이로 인한 손실을 줄일 수 있도록 조업자의 판단과 의사결정에 필요한 정보를 제공하여 줌으로써 조업자가 비정상상황에 대하여 효

과적으로 대응할 수 있도록 하는데 그 목적을 둔다.[3,5]

2. 시스템 기본전략

본 시스템은 운전지원을 위한 조업자의 의사결정에 도움을 주기 위한 대응조치상황을 제시함을 목표로 한다.

모든 사고에는 그에 대응되는 조치상황이 언제나 존재하게 되며, 또한 각각의 장치에 대한 제어나 물질의 제어시 경험상 취해져야할 상황들 그리고, 상황들간에 지켜져야만 하는 상황달성 수순이 존재한다. 이러한 지식들을 사고발생시 일반적으로 취해지는 대응조치상황으로 정리하여 지식베이스화 한다. 이와 같이 정리된 지식 베이스를 활용하여 대상 플랜트의 운전중에 사고가 발생하였을 시에 대처조작을 생성하기 위하여, 본 연구에서는 대상 플랜트에 관계없이 화학공정에 일반적으로 적용가능한 global 상황의 goal tree를 먼저 합성하고, 대상공정의 결합구조에 근거한 specific 대응조치 상황을 합성해 나가는 2단계에 걸친 대응조치를 위한 상황합성을 수행한다.[4,8]

[단계 1.] 지식 베이스에 정리되어 있는 일반적 사고에 대응되는 일반적 대응조치 상황 데이타를 이용하여 대처조작합성을 위한 goal tree의 하부 목표상황들을 생성한다. 이는 각 조치상황내에 저장된 이상발생 장치, 이상상황, 현재 이상의 규모, 대응조치 상황등의 하부 데이타를 탐색하여 실행된다.

[단계 2.] 일반적인 대응조치 상황인 goal tree가 합성되면 대상플랜트 고유의 대처조작합성을 위한 구체적인 상황생성을 실행한다. 특정한 공정에 적용하기 위한 모든 공정에는 그 공정마다의 특징이 있으므로 그에 따라 적절하게 위험상황을 유발시키지 않도록 하는 상황들의 발견과 그 상황들간의 달성순서를 만족시켜야 한다. 이는, 대상플랜트고유의 topology와 구성장치종류, 현재의 공정 및 장치의 운전상태등을 이용하여 인공지능기법인 matching, forward chaining법을 사용하여 달성된다. 또한, 상황들간의 달성순서의 합성은 물질의 위험성, 혼합 접촉위험성과 경험적 운전순서를 제약조건으로 고려하여 상황순서를 결정한다.[1-2]

3. 이상 및 사고 분석

화학플랜트에서 발생되는 모든 사고에서 발견되는 특징들은 아래와 같이 3가지로 구분된다.

(1) 사고는 화학플랜트를 구성하는 장치에서 발생한다.

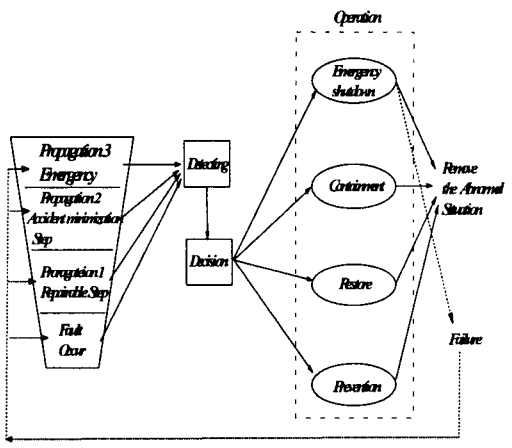

Fig. 1. Accident Process

모든 화학플랜트의 구조상, 사고의 발생뿐만 아니라, 사고전 이상증후가 검지되는 장소는 장치이며, 사고의 원인조차도 구조적으로 연결된 다른 장치가 된다. 그러므로, 이전에 발생된 사고나 이론적으로 알수 있는 사고들에 대해서 재발생을 방지하고, 재해로 확대될 수도 있는 상황을 미연에 제거하는 대처조작을 취하기 위해서는 장치를 대상으로 대처방법을 고려하여야 한다.

(2) 사고는 원인에서부터 발생에 이르기까지의 확대규모가 몇단계로 나누어진다.

사고는 초기이상이 제거되지 못하여 점차 이상의 영향범위가 커지면서 공정전체가 비정상적인 운전상태를 보이게 되며, 최종적으로 재해로까지 연결된다. 또한, 발생된 이상의 확대규모를 인지하지 못하여, 제거가 가능한 이상이 오히려 재해로 유발될 가능성도 항상 존재한다. 따라서, 본 시스템은 사고의 확대단계를 다음과 같이 4단계로 구분하였다(fig.1).

① 초기이상 발생단계 : 이상의 조기제거 가능단계

② 정상운전 복귀단계 : 이상의 확대로 인하여 운전에 영향은 있으나, 정상복귀가 가능한 단계

③ 사고 국소화단계 : 운전복귀가 불가능하여, 피해를 최소화하는 조작이 필요한 단계

④ 긴급사고 발생단계 : 대형재해 발생상태로 긴급가동정지 및 대피가 필요한 단계

(3) 사고는 화학플랜트의 특성상 물질에도 관계된다.

모든 화학플랜트에는 공정을 구성하는 장치들도 다양할 뿐 아니라, 공정에서 사용되는 물질들

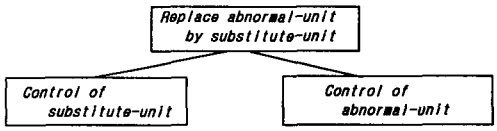

Fig. 2. Replacement of Unit

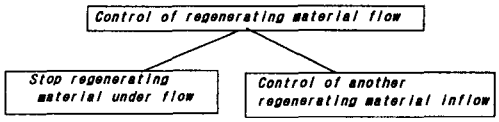

Fig. 4. Control of regenerating material

또한 그 수가 많다. 물질들 중에는 유독물뿐만 아니라, 공정운전중에 화재나 폭발을 유발할 가능성을 잠재한 물질들도 상당수 사용된다. 따라서, 모든 화학플랜트에서의 사고발생이 장치를 통하는 물질과도 관계된다.

4. 대처조작 합성을 위한 goal tree 자동생성

화학플랜트에서 경보음이 울렸을 때 운전자는 이상상황이 발생하였음을 감지하고, 현재 발생된 이상의 종류를 확인한 후, 우선 대략적인 대처상황을 구상한다. 다음에 플랜트내 장치들의 공정구조에 입각하여 현 공정상태를 정상상태로 복귀시키는데 필요한 조작대상과 제어대상을 탐색하고 여러 가지 제약조건을 고려하여 구체적인 조작순서를 결정한다. 본 시스템에서의 goal tree 자동합성 절차도 이와 같이 운전자가 이상상황 발생시에 대처조작을 구상하는 절차를 따른 것이다. Goal tree의 자동생성을 위한 지식 데이타 베이스에는, 각 이상상황에 대응되는 global 대응조치 상황데이타와, 공정 topology와 같은 specific 데이타가 제시되며, global 대응조치 상황에는 하부의 목표상황들을 forward chaining 지식추론법을 이용하여 대처조작 goal tree를 생성하기 위한 지식들이 포함되어 있다.

(1) 지식 데이타 베이스

① 대응조치상황

대응조치상황은 화학플랜트를 구성하는 일반적인 장치를 중심으로 발생하는 이상상황의 제거를 위하여 운전자 경험을 토대로 작성하며, 발생된 이상의 정도를 판단할수 있도록 상태데이타와 공정구조상의 대체장치존재 여부를 제시한다.

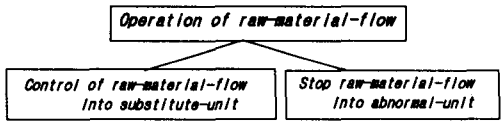

Fig. 3. Operation of raw material flow

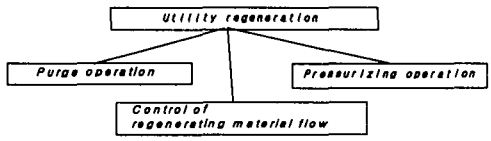

Fig. 5. Operation of utility Regeneration

```
[ 대응조치상황
( Pump
  ( 이상mode#1
   (이상상황 (Sludge Packing에 의한 기능저하)
   (상태 (정상운전복귀단계) (대체장치 존재))
   (대응조치상황#1 (장치대체제어))))
  ( 이상mode#2
   (이상상황 (과부하로 인한 기능불능)
   (상태 (정상운전복귀단계) (대체장치 존재))
   (대응조치상황#1 (장치대체제어)))))
 ( Reactor
  ( 이상mode#1
   (이상상황 (촉매기능저하로 인한 이상)
   (상태 (정상운전복귀단계) (대체장치 존재))
   (대응조치상황#1
        (장치대체제어)(촉매재생물질제어)))
   (이상상황 (촉매기능저하로 인한 이상)
   (상태 (대체장치 비존재))
   (대응조치상황#2
        (이상장치정지)(촉매재생물질제어)))))
 ( Mixer
  ( 이상mode#1
   (이상상황
      (Cooler Jacket고장으로 인한 온도상승)
   (상태 (정상운전복귀단계)(대체장치존재))
   (대응조치상황#1
        (장치대체제어)(유입물질제어)))))
 ( Storage
  ( 이상mode#1
   (이상상황
      (물질흐름의 오류로 인한 물질혼합사고)
   (상태 (초기이상단계)(대체장치존재))
   (대응조치상황#1
      (장치대체제어)(물질흐름 경로제어)))))
. . . . ) ]
```

② 단위공정 대처운전상황

화학공정의 이상상황 발생시 대처운전은 공

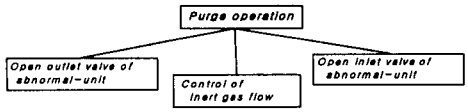

Fig. 6. Purge operation

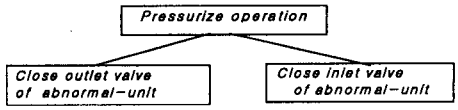

Fig. 7. Pressurizing operation

정장치에 관한 대처운전과 공정내 물질의 흐름 제어, utility제어등의 운전이 조합되어 이루어진다. 즉, 이상상황 발생시 global 대응조치 상황이 탐색되면, 이러한 일반적 대응조치상황을 좀더 구체화시키기 위하여 각각 대응하는 하부의 목표상황인 단위공정 대처운전상황의 집합으로 확장시켜 goal tree를 합성한다. Purge 공정이나 장치대체공정, utility 재생공정등과 같은 단위 공정에 대한 운전상황은 운전자 경험에 따라 운전상황 및 운전순서를 정의하여, 전체 공정운전을 달성하는 기본 지식으로 하여 goal tree 하부목표상황을 탐색하여 전체 goal tree를 합성한다.

[장치대체제어]

대부분의 공정에서는 장치의 고장으로 정상운전에 막대한 영향을 끼칠 수 있는 부분에 대해서는 대체장치를 준비한다. 이러한 상황에서 장치의 고장으로 인한 이상상황에 대한 대응조치상황을 살펴보면, Fig. 2와 같이 된다.

[물질제어]

화학플랜트는 장치와 공정내 물질로서 이루어지는 만큼, 장치제어 운전시에는 필히 물질에 관계된 운전상황이 연속되어야 한다(Fig. 3, 4).

[utility 재생 및 교체공정]

건조제나 촉매와 같은 utility를 이용하는 공정의 경우에 utility 기능저하는 공정의 정상운전에 막대한 영향을 미칠수 있으며, 재해로까지 확대될수도 있다.

이러한 상황에서 기능이 저하된 utility의 재생을 위해서는 현재 이상을 보이는 utility에 재생물질을 유입시키거나, utility를 교체시켜야 한다.

Utility재생을 위해 재생물질들을 유입시, utility 의 완전한 재생과 안전한 물질 흐름의 제어를 위해 먼저 유입되었던 물질을 purge한 후 ,재생물질의 유입과 utility를 재생물질로서 가압하는 공정이 필요하며, 가압이후 또 다른 재생물질이나 원료물질 유입시의 안전운전을 위하여, 장치내의 재생물질의 purge를 행하고 유입중인 재생물질의 흐름을 차단한다. 그리고, utility 교체공정의 경우 정상운전을 위해 utility가 담지되어 있는 이상장치로의 흐름을 대체장치로 전환시킨후, utility의 교체를 행해야 한다 (Fig. 5).

[Purge공정]

기능재생을 위해 가압되었던 장치에 대해서 역류방지를 위해 outlet valve부터 개방시킨후, 앞서 유입되었던 재생물질과 다음에 유입된 재생물질간에 접촉 및 혼합으로 인한 위험발생가능성이 존재한다면 inert gas를 유입시킨후, inlet valve를 열어 먼저 유입되었던 물질을 제거함으로써, 다음 단계에서 유입될 물질간의 접촉 및 혼합으로 인한 위험가능성을 방지한다 (Fig.6).

[장치가압공정]

Utility의 완전한 기능재생을 위한 가압공정은 먼저 배출부분을 차단시킨후 공정에서의 역류를 방지하기 위해 유입부를 차단시켜야만 한다(Fig.7).

[이상장치제어 & 대체장치제어]

이상장치는 이상상황이 검지된 장소이므로 공정운전중 정상운전을 위해 제거되어야하므로 운전을 중지시키며, 대체장치는 공정의 정상운전의 복귀를 위해 가동시키는 상황을 취해야 한다.

이외에도 많은 운전상황에 대하여 지식 베이스의 형태로 운전자의 경험에 근거한 기본적인 운전순서나 각 하부상황들을 단위 공정의 대처운전상황으로 정의한다.

(2) 하부목표상황의 달성순서결정을 위한 단위공정대처운전상황의 script

이상상황 발생공정에 대해서 단위공정 대처운전상황의 각 하부상황들의 달성순서를 결정짓기 위하여 각 상황을 운전자의 경험에 의거하여 script로 구성한다.

[script]

(utility 재생 공정
  (State 1st (purge 공정))
  (State 2nd (재생물질제어))
  (State 3rd (장치가압)))

Table 1. Catalyst Regeneration process 데이타

< Topology 데이타 >
(storage-a1 store hydrocarbon)
(storage-a2 store hydrogen)
(storage-a3 store Natural-Gas)
(storage-a4 store Inert-Gas.)
(storage-a5 store Oxygen)
(storage-a6 store Carbon Tetrachloride)
(Reactor1 has (v13 v14) and (v07 v17))
(Reactor2 has (v26 v27) and (v08 v18))
(storage-a5 has nil and v05)
(Reactor1 is-a-kind-of Reactor)
(storage-a1 is-a-kind-of storage) . . . .
< Current State >
(now hydrocarbon flow from storage-a1 to v14 of reactor1)
(Oxygen is-used in Catalyst Regeneration Process)
(Natural-Gas is-used in Catalyst Regeneration Process)
(CCl_4 is-used in Catalyst Regeneration Process). . . . .

(Purge 공정
  (State 1st (장치 outlet 개방))
  (State 2nd (inert gas 제어))
  (State 3rd (장치 inlet 개방)))

(3) 대상공정에 적합한 구체적 goal tree의 합성

이상상황에 대한 대응조치를 합성하기 위해 지식 베이스의 데이타를 이용하여 확장된 global 상황의 goal tree에 대하여, 대상공정에 적용되도록 최하부 사상을 대상공정의 topology를 이용하여 구체화시킨 specific 대응조치상황을 합성한다. 이를 위하여 forward chaining추론방법과 상황과 구체적인 공정데이타와의 matching방법을 통하여 제어 및 조작대상데이타를 포함하는 구체적인 goal tree의 최하부 상황을 합성한다.

① Topology 및 공정상태표현

공정운전상태와 공정구조에 대한 표현을 위하여 본 연구에서는 의미 네트워크을 이용한 구문론적 방법을 사용하여 보다 효율적인 추론이 가능하도록 하였다(Table.1).

각 공정구성요소들간의 연결관계와 상태표현을 위하여 각 장치의 inlet, outlet valve의 연결관계를 has, 물질저장장치의 기능은 store, 장치의 종류는 is-a-kind-of, 물질의 흐름중인 상태는 flow등의 관계로 공정의 상태와 구조의 표현을 인식하기 쉽고 명확하게 한다(Fig.8).

② 대처조작상황 합성을 위한 matching

대상공정의 구조와 상태를 표현한 topology 데이타로부터 구체적인 대처조작상황을 합성하기 위하여 제어대상인식과 조작대상인식, 대

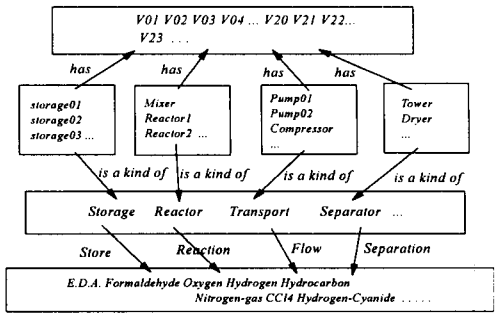

Fig. 8. Sementic Network for Process Topology

처조작상황생성을 위한 룰베이스를 사용하여, 정상운전 복귀를 위하여 필요한 제어대상과 조작대상을 탐색하여 대처조작상황을 합성한다.

1> 이상발생 장치를 인식한다. (제어대상인식)

현재 발생된 이상상황에서 제어되어야 할 이상장치와 대체장치, 대상물질을 대상공정의 topology와 현재 공정운전상태를 아래의 제어대상 인식 룰과 match시켜 발견한다.

[제어대상인식 룰]
  ((? equip-no) is abnormal)
  (now (? material) flow (? equip-no.))
  ((? Replacement-equip) is
    the Replacement equipment of (? equip-no.)) . . . .

2> 발견된 제어대상의 연결관계와 조작대상을 조작대상 인식 룰을 사용하여 인식한다. (조작대상인식)

제어대상의 조작대상인식을 위하여 이상발생장치와 대체장치의 inlet과 outlet path상의 valve, 재생을 위한 물질과 원료물질의 물질흐름 path가 변경되는 지점, 흐름이 시작되는 지점의 valve를 발견한다.

[조작대상 인식 룰]
  ((? equip-no.) has (? inlet) and (? outlet))
  ((? Replacement-equip) has (? r-inlet) and (? r-outlet))
  (now (? Material) flow from (? storage) to (? inlet) of (? equip-no.))
  ((? storage) store (? Regenerating-material))
  ((? storage) store (? material))
. . . .

3> 인식된 대상공정의 제어대상과 조작대상을 이용하여 대처조작합성을 위한 목표상황을 구

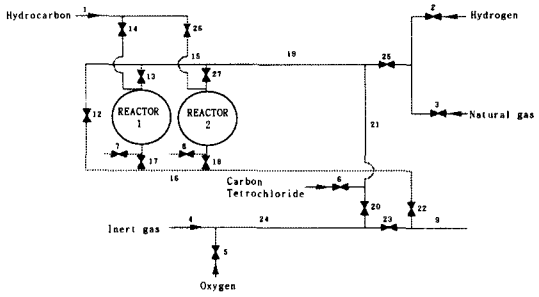

Fig. 9. Catalyst Regeneration process

체화한다.

대처조작상황 생성 룰은 현재 공정의 이상발생상황에 대해서 판단된 대응조치상황의 달성을 위한 하부의 단위공정 대처운전상황에 제시된 최하부 목표상황을 제어대상과 조작대상을 가지는 대상공정에 적합한 상황으로 합성하기 위하여 대처조작상황 생성 룰로 구체화한다.

[대처조작상황 생성 룰]

:: 이상장치운전정지
((? equip-no) Off)
::대체장치가동
((? Replacement-equip) On)
:: 대체장치로 유입
((? material) make-open-path from (? storage) to (? r-inlet))))
:: 재생물질유입
((? Regenerating-material) make-open-path from (? storage) to (? inlet))))

. . . .

5. 적용 공정

본 연구에서는 석유정제공정의 한 부분인 catalyst regeneration process에서 alumima촉매가 충전된 반응기로 고비점 hydrocarbon이 유입되어 저비점 hydrocarbon을 생산하는 공정에서 촉매의 소결 및 피독으로 인하여 제기능을 발휘하지 못하는 경우를 대상으로 이에 대처하는 조작수순을 자동합성하고자 한다(fig.9).

대상으로 하는 공정은 hydrocarbon이 반응기로 유입되어 alumina 촉매의 chloroplatinic acid의 action에 의해 반응이 이루어진다. 대상공정에서 촉매기능이 제대로 발휘하지 못하는 상태가 되었을시에는 다음과 같은 촉매재생을 위한 공정을 수행한다.[6-7]

① 대체반응기로 hydrocarbon흐름을 대체시킨다

② 이상반응기로 유입되는 hydrocarbon흐름을 중지시킨다

③ 이상반응기로 hydrogen을 유입시켜hydrocarbon을 purge시킨후 hydrigen으로 반응기를 가압한다.

④ 반응기를 감압시킨 후, inert gas로 purge를 행하고 전체 공정을 inert gas로 순환시킨다.

⑤ CCl_4를 유입하여 연소처리를 행함과 동시에 산소를 유입시켜 촉매를 재생한다.

⑥ Inert Gas를 다시 유입시켜 산소와 CCl_4와 함께 반응기를 가압한다.

⑦ 반응기 감압후, natural gas와 hydrogen을 차례로 유입한다.

⑧ hydrogen을 반응기감압을 통해 배출시킨 후 hydrocarbon흐름을 원래의 반응기로 복귀시킨다

다음과 같은 대상공정의 이상mode에 대하여 개발된 시스템을 적용시켜, 대처조작을 위한 goal tree가 적절하게 합성됨을 확인하였다.

[이상mode]
이상장치 : Reactor
이상상황 : 촉매기능저하로 인한 이상
상태 : 대체장치존재 & 정상운전복귀단계

Fig. 9에서 살펴보면, reactor1의 기능이 저하된 촉매에 대하여 정상운전복귀가 가능하고 공정구조상 대체장치가 존재한다면, 대응조치상황은 reactor1이 가동중인 상태에서 reactor2를 가동시키는 장치대체제어와 원료물질제어로 이상의 확대를 방지하면서 정상운전이 가능하도록 대처조작을 취한 후 촉매기능재생을 위한 utility재생을 위한 제어가 행하여져야 한다.

[대응조치상황]
(Reactor
(이상상황 (촉매기능저하로 인한 이상)
(상태 (대체장치존재)(정상운전복귀단계))
(대응조치상황#1
(장치대체제어)&(원료물질제어)&(utility 재생공정))))

장치대체제어와 원료물질제어, 그리고, utility 재생공정의 대응조치상황의 달성을 위해서 아래와 같은 단위공정 대처운전상황이 탐색된다.

[단위공정 대처운전상황]
(장치대체제어

(State 1st (대체장치제어))
(State 2nd (이상장치제어)))

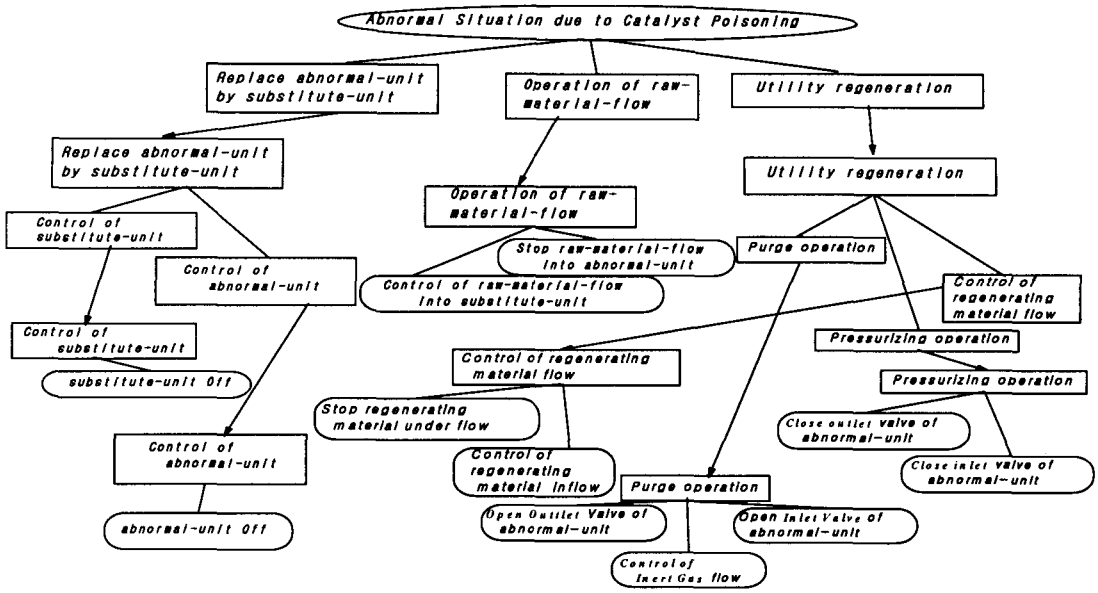

Fig. 10. goal tree of Global State

(utility 재생 운전
  (State 1st (Purge 공정))
  (State 2nd (재생물질제어))
  (State 3rd (장치가압)))
(원료물질제어
  (State 1st (대체장치로 원료물질유입개시))
  (State 2nd (이상장치로 원료물질유입중지)))
(Purge 공정
  (State 1st (장치 outlet 개방))
  (State 2nd (Inert gas 제어))
  (State 3rd (장치 inlet 개방)))
. . .

[일반적 상황의 goal tree합성결과]

위에서 기술한 바와 같은 방법으로 작성된 일반적 상황의 goal tree는 fig.10과 같다. 그리고 goal tree의 하부목표상황은 다음과 같다.

1.대체장치가동
2,이상장치운전정지
3.대체장치로 원료물질유입조작
4.이상장치로의 원료물질유입중지
5.이상장치 outlet개방
6. Inert gas 유입조작
7.이상장치 inlet개방
8.이상장치로 재생물질유입
9.이상장치로 재생물질흐름차단
10.이상장치outlet차단
11.이상장치 inlet차단

위와 같이 합성된 일반적 상황에서의 대처조작상황을 fig.9에 제시한 대상공정에 적합하게 적용시키기 위하여 제어대상과 조작대상을 인식하여 구체적인 대처조작상황을 합성한다.

[제어대상 인식 룰]

((? equip-no) is abnormal)
:: <이상장치인식 (? equip-no)>

(now (? material) flow (? equip-no))
:: <원료물질인식 (? material)>
((? Replacement-equip) replace (? equip-no))
:: <대체장치인식(? Replacement-equip)>
((? Regenerating-material) is-used in Catalyst Reg eneration Process)
:: <utility 재생물질 인식(? Regenerating -material)>

[조작대상 인식 룰]

((? equip-no) has (? inlet) and (? outlet))
:: <이상장치의 inlet, outlet valve 인식>
((? Replacement-equip) has (? r-inlet) and (? r-outlet))
:: <대체장치의 inlet, outlet valve 인식>
((? storage) has (? s-inlet) and (? s-outlet))
:: <저장장치의 inlet, outlet valve 인식>
((? storage) store (? material))
:: <원료물질이 저장된 저장장치 인식>
((? storage) store (? Regenerating-material))
:: <재생물질이 저장된 저장장치 인식>

제어대상 인식 룰에서 인식된 제어대상을 제어하기 위한 조작대상을 조작대상 인식 룰을 통하여 인식하고 인식된 제어대상과 조작대상 데이타를 이용하여 대처조작상황 생성 룰로서 구체화된 상황을 합성한다.

[대처조작상황 생성 룰]
((? Replacement-equip) On)
((? equip-no) Off)
((? material) Make-open-path from (? storage) to (? r-inlet))
((? Regenerating-material) Make-open-path from (? storage) to (? inlet))
(Close (? inlet) of (? equip-no))
(Close (? s-outlet) of (? storage))
(Open (? inlet) of (? equip-no))

합성된 일반적인 상황의 goal tree에 대상공정의 구체적 데이타를 적용하여 생성된 구체적인 대처조작상황의 합성결과는 다음과 같으며 상황달성의 순서는 아직 결정되지 않았으며 다음 단계에서 결정된다.

[specific 목표상황]
1. Reactor2 On
2. Reactor1 Off
3. Hydrocarbon Make-Open-Path from storage1 to valve26
4. Close valve14 of Reactor1
5. Open valve7 and valve17 of Reactor1
6. Inert Gas Make-Open-Path from storage4 to valve13
7. Open valve13 of Reactor1
8. Hydrogen Make-Open-Path from storage2 to valve13
   Natural Gas Make-Open-Path from storage3 to valve13
   Oxygen Make-Open-Path from storage5 to valve13
   Carbon Tetrachloride Make-Open-Path from storage6 to valve13
9. Close valve2 of storage2
   Close valve3 of storage3
   Close valve5 of storage5
   Close valve6 of storage6
10. Close valve7 and valve17 of Reactor1
11. Close valve13 of Reactor1

구체화된 각각의 대처조작상황간에 물질간의 접촉이나 혼합으로 인한 위험발생가능한 상황들이 발생되지 않도록하기 위하여 물질에 관한 제약조건을 이용함으로써 각각의 대응조작상황의 안전한 달성순서를 결정하여 대처조작을 위한 목표상황들을 합성하였으며, 최종결과는 다음과 같다.

[제약 조건]
If (exist Oxygen Hydrocarbon) Then (Hazard State)
If (exist Hydrogen Hydrocarbon) Then (Hazard State)
If (exist CCl4 Hydrocarbon) Then (Hazard State)
If (exist Oxygen Hydrogen) Then (Hazard State)
If (exist CCl4 Hydrogen) Then (Hazard State)
If (exist Natural-Gas CCl4) Then (Hazard State)
If (exist Oxygen Natural-Gas) Then (Hazard State)

[대상공정의 대응조치상황 최종합성 결과]
Reactor2 On
Reactor1 Off
Hydrocarbon Make-Open-Path from storage1 to valve26
Close valve14 of Reactor1
Inert Gas Make-Open-Path from storage4 to valve13
Close valve7 and valve17 of Reactor1
Close valve13 of Reactor1
Open valve7 and valve17 of Reactor1
Open valve13 of Reactor1
Hydrogen Make-Open-Path from storage2 to valve13
Close valve2 of storage2
Close valve7 and valve17 of Reactor1
Close valve13 of Reactor1
Open valve7 and valve17 of Reactor1
Open valve13 of Reactor1
Inert Gas Make-Open-Path from storage4 to valve13
Close valve7 and valve17 of Reactor1
Close valve13 of Reactor1
Open valve7 and valve17 of Reactor1
Open valve13 of Reactor1
Carbon Tetrachloride Make-Open-Path from storage6 to valve13
Oxygen Make-Open-Path from storage5 to valve 13
Close valve5 of storage5

Close valve6 of storage6
Close valve7 and valve17 of Reactor1
Close valve13 of Reactor1
Open valve7 and valve17 of Reactor1
Open valve13 of Reactor1
Inert Gas Make-Open-Path from storage4 to valve13
Close valve7 and valve17 of Reactor1
Close valve13 of Reactor1
Open valve7 and valve17 of Reactor1
Open valve13 of Reactor1
Natural Gas Make-Open-Path from storage3 to valve13
Close valve3 of storage3
Close valve7 and valve17 of Reactor1
Close valve13 of Reactor1
Open valve7 and valve17 of Reactor1
Open valve13 of Reactor1
Hydrogen Make-Open-Path from storage2 to valve13
Close valve2 of storage2
Close valve7 and valve17 of Reactor1
Close valve13 of Reactor1
Open valve7 and valve17 of Reactor1
Open valve13 of Reactor1

6. 결 론

본 연구는 화학플랜트에서 발생하는 일반적인 사고를 면밀히 분석하였으며, 비정상상황 발생시에 사고발생을 미연에 방지할 수 있는 대처조작합성 운전지원 시스템을 개발하였다. 발생되는 많은 사고는 장치에서 발생되었으며, 화학플랜트의 특성상 장치를 지나는 위험하고 유독한 물질들과도 관계되어 있으며, 초기 이상에서 인근 주변에까지 영향을 미칠 만큼의 재해로 확대될 때까지 몇 단계의 확대과정을 가짐을 확인할 수 있었다. 대처조작 합성을 위하여 운전자의 경험에 근거한 대응조치상황과 필연적인 운전상황 및 운전순서를 지식베이스로 정리하여 제시함으로써 일반적인 사고 방지를 위한 goal tree를 합성하였다. 또한, 합성된 일반적 형태의 goal tree를 대상공정의 구체적인 데이타와 대응시켜 대상공정에 발생한 이상상황에 대처할 수 있는 대처조작상황을 합성하였다.

감 사

이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lakshmanan,R., Stepanopoulos,G., Comput. chem. Engng, 12(9/10), 1003(1988)
2. Lakshmanan,R., Stepanopoulos,G., Comput. chem. Engng, 14(3), 301(1988)
3. Tomita,S., Hwang,K.S. and O'Shima,E., J. of Chem. Engng of Japan, 22(4), 364(1989)
4. Fusillo,R.H., Powers,G.J., AIChE J., 34(4), 558(1988)
5. O'Shima,E., J.of Chem. Engng of Japan, 11(5), 390(1978)
6. Rivas,J.R., Rudd,D.F. and Kelly,L.R., AIChE J., 20(2), 311(1974)
7. Rivas,J.R., Rudd,D.F., AIChE J., 20(2) 320(1974)
8. Fusillo,R.H., Powers,G.J., Comput. chem. Engng, 12(9/10), 1024(1988)