

BİLGİSAYAR DESTEKLİ PROSES SİMÜLASYONU

Doç. Dr. Ersan KALAFATOĞLU, Nuran ÖRS, Tiilin GÖZMEN
TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Bölümü, Gebze

ÖZET • Günümüzde kimya sanayiinde simülasyon uygulamaları hızla yaygınlaşmaktadır ve araştırma, proses geliştirme ve üretim mühendisliğinin temel araçlarından biri olmuştur. Eğitim açısından büyük yararı olan bir simülator, Kütahya Gübre Sanayi'inde 1983 yılından beri çalıştırılmaktadır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü bu simülatorde çalıştırılmak üzere nitrik asit ve amonyum nitrat üretim proseslerini simüle eden yazılımlar hazırlamıştır. Sunulan çalışmada bu yazılımlar tanıtılmaktadır.

1. GİRİŞ

Proseslerin modellenmesi ve simülasyonu kimya mühendisliği uygulamalarının temel konularından biri olmuştur. 1950'lerin sonlarından beri üretim proseslerinin davranışlarını simüle etmek için çeşitli sistemler kullanılmıştır. Bu sistemler, geçerli olan kimyasal ve fiziksel olayları matematik modellerle ifade ederler ve genellikle kararlı şartlarda enerji ve kütle dengelerini, çeşitli ekipmanların büyüklüklerini ve maliyetlerini hesaplayarak eldeki prosesin optimizasyonunu sağlarlar.

Günümüzde dünya yüzünde 15000 den fazla kimya mühendisi rutin olarak kararlı şart proses modellemesi yapmaktadır. A.B.D. üniversitelerindeki kimya mühendisliği programlarının % 90'ından fazlasında proses modellemesi eğitimi verilmektedir. Başlangıçta ancak az sayıda uzman tarafından kullanılabilen kimyasal proses modelleri, günümüzde araştırma ve geliştirme, proses geliştirme ve üretim mühendisliğinin temel ve anahtar araçlarından biri haline gelmiştir.

Proses modellemesinin hızla yaygınlaşmasının itici gücü mühendislerin üstün tasarım ve işletme stratejileri oluşturmalarını sağlamasıdır. Bu alanda yapılan şu gelişmeler bu yaygınlaşmayı hızlandırmıştır :

- Kolay kullanılabilen sistemlerin geliştirilmesi,

- Sistemin yapabileceği mühendislik işlemlerinin artması,

- Bilgisayar donanımının merkezi olmaktan çıkarılması.

Bu gelişmeler proses modellemeye ve bu teknolojinin kimya endüstrilerindeki etkisinde devrim yaratmıştır.

2. EĞİTİM AMAÇLI SİMÜLATÖR

Kimyasal tesislerde eğitim ve öğretim amaçlı simülatorler son zamanlarda özellikle gelişmiş ülkelerde daha da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tesis operatörlerine proses simülatorlerinde tesisi çalıştırmalarının öğretilmesi ve zaman zaman bir eğitim programından geçirilmelerinin önemli yararları vardır.

Sürekli çalışan büyük üretim proseslerinde, proseslerin geliştirilmesi ve optimizasyonu sonucu, normal (kararlı) işletme şartlarından sapmalara az rastlanmaktadır ve az rastlanan bu durumlar için operatörlerin hazırlıklı olmaları gerekir. Ayrıca prosesin devreye alınması, devreden çıkartılması ve normal çalışma sırasında kapasite ya da ürün değişikliğinde yapılması zorunlu işlemler, operatörlerin bilgi dağarcığında bulunması gereken işlemlerdir. Uzun süreler tam kapasitede kesintisiz olarak çalışan ve çok az operatör müdahalesi gerektiren pro-

seslerde, operatör yukarıda sözedilen işlemlere hazırlıklı değilse, büyük zaman, malzeme ve sonuçta ekonomik kayba neden olabilir.

Bu şartlarda operatörlerin, bir simülatorde sürekli çalışan proses üzerinde eğitilmesi ve arıza durumları, kapasite değişimleri, devreye alma ve devreden çıkartma gibi durumlara hazır hale getirilmesi yararlı olmaktadır.

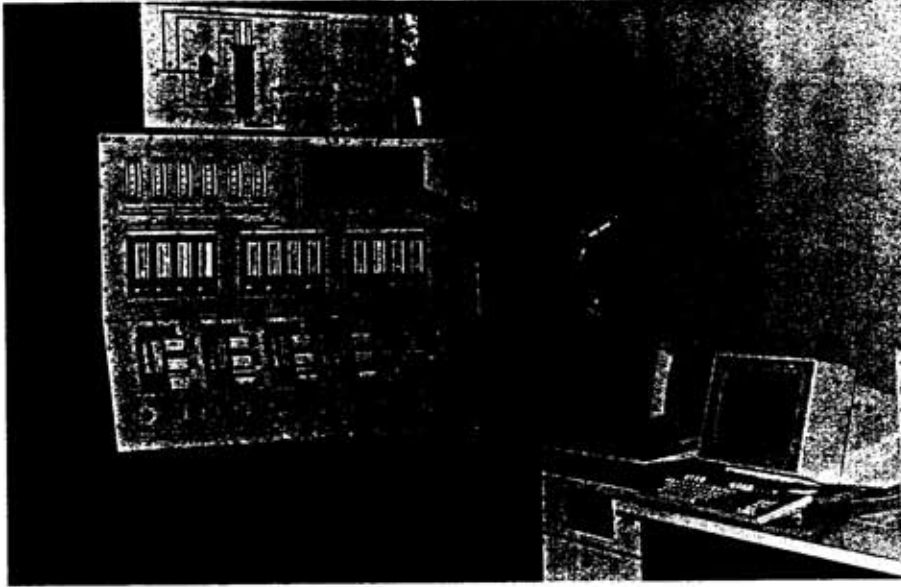
Eğitim amaçlı simülatorlerin bir diğer kullanma yeri de, operatörlerin tesisi çalıştırmak için devamlı müdahale etmelerinin zorunlu olduğu karmaşık tesislerdir. Ürünlerin kalitesi ve işletmenin emniyeti açısından, belirli tedbirler alınmadığı yada yanlış yapıldığı zaman, çok kötü durumlarla karşılaşılabilir. Bu durumlarda simülatorün kullanılması, doğru işlemlerin uygun sırada yapılmasının eğitimi ve bunların yanlış yapılması durumunda sonuçlarının ne olacağını gösterilmesi açısından yararlı olmaktadır.

- Operatörlerin eğitimi dışında, yeni kurulan bir tesis için mühendisler de dahil olmak üzere tüm personelin eğitimi, yada mevcut bir tesiste çalışmaya başlayacak yeni mühendislerin eğitimi açısından da simülatorler çok yararlı olmaktadır.

3. TÜGSAŞ SİMÜLATÖRÜ

Simülatorde eğitimin yararını çok önceden görmüş olan TÜG-

SAS'ın Kütahya tesislerinde UNIDO programı uyarınca Simtran Corporation tarafından 1983 yılında yapılmış eğitim amaçlı bir PCS-110 simülatörü bulunmaktadır. Bu simülatörün iki ana birimi vardır (Şekil 1) :



Şekil 1. TUGSAŞ Simülatörü

1) Eğitilmekte olan kişinin başında durduğu ve simüle edilen kimyasal prosesi yönettiği öğrenci konsolu,

2) Simülasyonun yapıldığı kişisel bilgisayar.

Bu iki birim bir iletişim kablosuyla bağlanmıştır. Öğrenci konsolunda gerçek bir üretim tesisinin kontrol odasındaki proses takip ve kontrol panosunda bulunabilecek tipte gösterge ve kontrol birimleri bulunmaktadır. Bunlar şöyle gruplanabilir :

| | |
|--------------------------|--|
| 1) Düşey analog gösterge | 6 adet |
| 2) Dijital gösterge | 2 adet (onar seçenekli) |
| 3) Yazıcı | 4 adet (üçer renkli, her renk onar seçenekli) |
| 4) PID kontrol birimi | 12 adet (ikisinin ayar noktası uzaktan değiştirilebilir) |
| 5) El vanası | 4 adet |
| 6) Pompa düğmesi | 4 çift (açma ve kapama ayrı) |
| 7) Alarm paneli | 16 ayrı alarm için (ses ve ışık uyarlı) |

Simtran Co. bu simülatörde çalıştırılacak yazılımları da hazırlamıştır. Bu yazılımlar etan giderme, CO konversiyon, CO₂ giderme, üre sentezi ve amonyak sentezi'dir. UNIDO programında olan üre dekompozis-

yon ve reformasyon, kömür gazlaştırma, nitrik asit üretimi ve amonyum nitrat üretimi yazılımları Simtran Co. tarafından teslim edilememiştir ve firmayla bağlantı kopmuştur. Ayrıca yazılımları hazırlanan

prosesler TUGSAŞ tarafından kullanılan prosesler olmayıp genel proseslerdir.

4. TÜBİTAK ÇALIŞMALARI

UNIDO tarafından desteklenen ve 1989 yılı ortalarında başlayan bir proje kapsamında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü ile TÜBİTAK Ankara Elektronik Araştırma Geliştirme Enstitüsü'nün işbirliğiyle TUGSAŞ için proje kapsamında satın alınan 80386 mikroişemcili bir

kişisel bilgisayarda çalışacak şekilde Kütahya'da mevcut şu iki proses simüle edilmiştir :

- 1) Seyreltik nitrik asit üretimi
- 2) Amonyum nitrat üretimi

Her iki proses için de biri kararlı şartlarda çalışma, diğeri de tesisi devreye alma için olmak üzere ikişer yazılım geliştirilmiştir.

4.1. Programların Genel Yapısı

Bütün simülasyon yazılımlarında dil olarak FORTRAN 77, derleyici olarak Microsoft 5.0 kullanılmıştır. Ancak yazılımlarda özellikle proses birimlerinin renkli olarak ve diğer bazı simülasyon değişikliklerinin yapılabilmesi için gerekli resimlerin ekranda gösterilebilmesi amacıyla FORTRAN kütüphanesine ilave komutlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla 8088 Assembler programlama dili kullanılarak bir ek kütüphane hazırlanmıştır. Simülasyon yazılımı tarafından ekrana çağrılabilen resimler ise yine 8088 Assembler programlama dili kullanılarak yazılan bir editör programı yardımıyla hazırlanmıştır. Bu iki yardımcı yazılım, geliştirilen simülasyon yazılımını interaktif kullanılabilir hale getirmiştir.

Her birim işlem için özel bir alt program yazılmıştır. Ancak bazı ısı değiştirici tipleri birden fazla kullanıldığından bunlarla ilgili altprogramlar genel olup bir hesaplama adımıyla birden fazla kez çağrılabilir. Birim işlemler altprogramları dışında değişik amaçlarla hazırlanmış olan altprogramlar şu şekilde sınıflandırılabilir :

A. İntegrasyon alt programları

| | |
|-------|---|
| SIFIR | İntegrasyon başlangıç değerlerini sıfırlar. |
| INTI | Zamana göre bağımsız değişkenleri integre eder. |
| INT | Zamana göre bağımlı değişkenleri integre eder. |

B. Matematiksel alt programlar

| | |
|---------|--|
| YAKIN | Yakınsama yolu ile denklem sistemi çözümü bulur. |
| INPOL 1 | Bir boyutlu veriyi interpolate eder. |
| INPOL 2 | İki boyutlu veriyi interpolate eder. |

C. Fiziksel özellik alt programları

| | |
|--------|---|
| HTEXCH | Bir akıma entalpi ilave eder. |
| ENTHV | Gaz akımı entalpisini hesaplar. |
| ENTHL | Sıvı akımların entalpisini hesaplar. |
| ENTHVK | Destilasyon kolonu gaz akımı entalpisini hesaplar |
| SICAK | Akımın sıcaklığını hesaplar. |
| PRES | Isı değiştirici basınç kaybını hesaplar. |
| AGHA | Ağırlık oranını hacim oranına çevirir. |
| HAAG | Hacim oranını ağırlık oranına çevirir. |

D. Akım üzerinde işlemler yapan alt programlar

| | |
|-------|---|
| SUM | İki akımın toplamını hesaplar. |
| SUBTR | İki akımın farkını hesaplar. |
| SPLIT | Verilen bir oranda bir akımı böler. |
| HLDP | Bir hacimde tutulan miktar ve bileşim değişimini hesaplar. |
| HLDPK | Destilasyon kolonlarında bir hacimde tutulan miktar ve bileşim değişimini hesaplar. |
| REACT | Reaksiyon değişikliklerini hesaplar. |
| PUMP | Bir pompayı terkeden akımı hesaplar. |
| DEBI | Kompresör havasının akış hızını hesaplar. |

E. Veri giriş ve çıkış alt programları

| | |
|------|--|
| VERI | Orijinal proses verisini sabit diskten okur. |
| OKU | Konsoldan iletilen verileri bilgisayar portlarından okur. |
| YAZ | Konsola iletililecek verileri bilgisayar portlarına yazar. |

F. Ekran görüntü alt programları

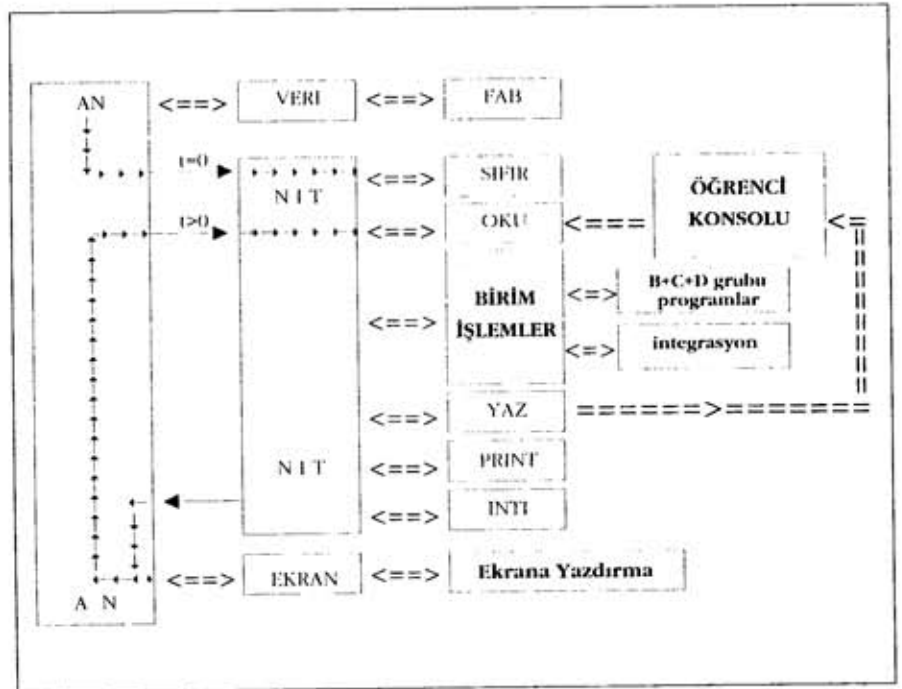
| | |
|-------|--|
| PR | Seçilebilecek 50 kadar ekran görüntüsündeki değerleri ekrana yazar. |
| DEGIS | seçilmiş ekran görüntüsünde yapılabilecek değişiklikleri gerçekleştirir. |

G. Isı değiştirici alt programları

| | |
|--------|---|
| THEG | Ters akım gaz - gaz ısı değiştirici |
| PHIEG | Paralel akım gaz - gaz ısı değiştirici |
| MHEGS | Ters akım gaz - sıvı ısı değiştirici |
| TDHES | Ters akım sıvı - sıvı ısı değiştirici |
| TCHES | Isı değiştirici denge değerleri |
| PTHEG | Ters akım basınçlı gaz - gaz ısı değiştirici |
| PMHEGS | Ters akım basınçlı gaz - sıvı ısı değiştirici |
| PTCHES | Basınçlı ısı değiştirici denge değerleri |

Simülasyon programının yapısı modülerdir [Şekil 2]. Ana programdan (AN : Amonyum nitrat kararlı şartlar, ANC : Amonyum nitrat dev-

reye alma, AS : Nitrik asit kararlı şartlar, ASC : Nitrik asit devreye alma) önce ilgili fabrikanın proses ve ekipmanları ile ilgili bazı bilgiler fabrika verisi olarak okunmaktadır (FAB). Daha sonra bir alt programda (NIT, NITC, ASIT yada ASITC) integrasyon adımı sıfırlanmakta ve öğrenci konsolundan gelen kontrol birimi ve el vana açıklıkları, yazıcı ve dijital gösterge seçimleri ve pompa durumları gibi değerler okunmaktadır (OKU). Fabrika verileri ve konsoldan gelen bilgiler ışığında prosesin ilgili birim işlemlerine sıra ile gidilerek kararlı şartlar değerleri hesaplanmaktadır. Fabrika kesin proses değerleri oldukça iyi bilindiğinden ayrıca genel bir kararlı şartlar simülasyonu yapılmamıştır. Birim işlemlerden ilk geçişte herhangibir integrasyon işlemi yapılmamaktadır. Birim işlem hesapları yapıldıktan sonra konsola çeşitli göstergeler, kontrol birimleri giriş değerleri, yazıcı değerleri ve alarm durumları gönderilmektedir. Simülasyon çalışmasını daha sonra değerlendirmek üzere seçilebilen aralıklarla bazı değerler sabit diske yazdırılmaktadır (PRINT). Integrasyon adımı başladıktan sonra (INTI) ekran gösterim alt programı çağırılmakta (PR) ve hangi resim seçilmişse onunla ilgili ekrana yazdırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Daha



Şekil 2. Simülasyon programının genel yapısı

sonra tekrar ana program üzerinden konsol verileri okunmakta ve birim işlemlere gidilerek integrasyon işlemleri gerçekleştirilmektedir.

4.2. Programların İçeriği

Temel olarak bütün değerler iki ana matriste saklanmaktadır : akım matrisi S (I,J) ve birim matrisi UN (I,J). Akım matrisinin I. boyutunda (I) akımın numarası bulunmakta olup diğer boyutta (J) ise

| | | |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| 1 - 1 | Kütle debisi | Bkg saat |
| 1 - 2 | Basınç | Bpsall |
| 1 - 3 | Sıcaklık | °C |
| 1 - 4 | Birim entalpi | BkJ/kg |
| 1 - 5 | Yoğunluk | Bkg m ³ |
| 1 - 6 | Mol ağırlığı | Bkg mol/kgmol |
| 1 - 7 | Hacimsal debi | lm ³ saat |
| 1 - 8 | Hacimsal debi (N.S.) | (Nm ³ saat) |
| 1 - 9 | Faz (= 1 buhar, = 2 sıvı) | I-I |
| 1 - 10 | Bos (değişik amaçlı) | |
| 1 - 11-18 | I-8 bileşen ağırlık oranı | I-I |
| 1 - 19 | Bos (değişik amaçlı) | |
| 1 - 20 | Bos (değişik amaçlı) | |
| 1 - 21-28 | I-8 bileşen hacim oranı | I-I |
| 1 - 29 | Bos (değişik amaçlı) | |
| 1 - 30 | Akım numarası | |

gibi parametreler saklanmaktadır. Nitrik asit prosesinin simülasyonunda bütün gaz akımlarının hacimsel oranları hesaplanmış olup, temel olarak bir çözelti prosesi olan amonyum nitrat prosesinde hacimsel oranlar hesaplanmamıştır. Her iki süreçte de akım sayısı 150'ye yaklaşmaktadır. Diğer yönden birim matrisi UN (I,J), akım semasında ait olduğu birim ile ilgili bazı parametreleri (giren ve çıkan akımların numaraları, ısı iletim yüzeyi, çözelti seviyeleri, katalizör verimi, boru adedi, basınç kaybı v.b.) içermektedir. Her iki süreç yaklaşık olarak 20 birim (I = 20) içermekte olup nitrik asit prosesindeki iki kolonda bulunan toplam 33 raf ayrıca birer birim ağırlığındadır. Birim matrisinin ikinci boyutu (J) 25 uzunluğundadır.

Her iki süreç kapsamında dinamik olarak simüle edilen birimler şunlardır :

Amonyak evaporatörü
Amonyak-hava karıştırıcı
Buhar domu
Absorpsiyon kolonu
(reaksiyonlu ve su soğutmalı)
Amonyum nitrat reaktörü
Vakum yoğunlaştırıcı
Homojenizör
Pril kulesi
Isı değiştiriciler (sıvı-sıvı-gaz-sıvı,gaz-gaz, basınçlı)
Depolar (seviye kontrollü, taşkanlı)

4.3. Programların Eğitim Amaçlı Kullanılması

Dört yazılımdan herhangi biri çalıştırılmadan önce konsoldaki kontrol birimleri ve el vanaları ile pompa pozisyonları öğrenci tarafından el kitabında verilen değerlere ayarlanmaktadır. Bu işlem için ilave bir yazılım geliştirilmiştir. Program baş-

latıldığında proses ya kararlı şartlarda tam kapasitede ya kapatılmış olarak beklemede çalışmaktadır. Konsoldan herhangi bir değişik sinyal gelmezse proses değerlerinde hiçbir değişiklik olmamaktadır. Ancak kontrol birimlerinin kontrol ettikleri parametreler geniş aralıklı ve küçük genlikli salınımlardan sonra dengeye gelirler.

| Parametre | Setpoint | Mod | Stıra (dah) | Zaman |
|--|----------|-----|-------------|---------|
| 1) Evaporatör seviyesi yüksek | LIC3883 | | | 0: 0: 0 |
| 2) Evaporatör seviyesi düşük | LIC3883 | | | 0: 0: 0 |
| 3) NH3 ısıtıcısı basıncı yüksek | PIC3889 | | | 0: 0: 0 |
| 4) NH3 evaporatörü basıncı düşük | PIC3889 | | | 0: 0: 0 |
| 5) Karışın gazında NH3 oranı yüksek | PIC3889 | | | 0: 0: 0 |
| 6) Karışın gazı sıcaklığı yüksek | | | | 0: 0: 0 |
| 7) Karışın gazı sıcaklığı düşük | | | | 0: 0: 0 |
| 8) Buhar domu seviyesi yüksek | LIC3187 | | | 0: 0: 0 |
| 9) Buhar domu seviyesi düşük | LIC3187 | | | 0: 0: 0 |
| 10) Oksidasyon kolonu seviyesi yüksek | LIC3381 | | | 0: 0: 0 |
| 11) Oksidasyon kolonu seviyesi düşük | LIC3381 | | | 0: 0: 0 |
| 12) Absorpsiyon kolonu seviyesi yüksek | LIC3383 | | | 0: 0: 0 |
| 13) Absorpsiyon kolonu seviyesi düşük | LIC3383 | | | 0: 0: 0 |
| 14) Afiartma kolonu seviyesi yüksek | LIC3386 | | | 0: 0: 0 |
| 15) Afiartma kolonu seviyesi düşük | LIC3386 | | | 0: 0: 0 |

Şekil 3. Nitrik asit üretimi standart arızaları

| Parametre | Setpoint | Mod | Stıra (dah) | Zaman |
|---|-----------|-----|-------------|---------|
| 1) Dozajıcı seviyesi yüksek | LASH1153 | | | 0: 0: 0 |
| 2) Dozajıcı pH'sı yüksek | PIAH3812 | | | 0: 0: 0 |
| 3) Dozajıcı pH'sı düşük | PIASH1151 | | | 0: 0: 0 |
| 4) Dozajıcı basıncı yüksek | PIA4152 | | | 0: 0: 0 |
| 5) Dozajıcı basıncı düşük | PIA4152 | | | 0: 0: 0 |
| 6) Flaş buharlaştırıcı basıncı yüksek | | | | 0: 0: 0 |
| 7) Primer buharlaştırıcı basıncı yüksek | | | | 0: 0: 0 |
| 8) Kondenser suyu basıncı düşük | PIA4151 | | | 0: 0: 0 |
| 9) Homojenizör seviyesi düşük | LASH1157 | | | 0: 0: 0 |
| 10) Homojenizör sıcaklığı düşük | TRC4154 | | | 0: 0: 0 |
| 11) Slurry pompası arızası | | | | 0: 0: 0 |
| 12) Luwa çözelti sıcaklığı düşük | | | | 0: 0: 0 |
| 13) Pril düzeleri tıkalı | | | | 0: 0: 0 |
| 14) Pril bandı arızası | | | | 0: 0: 0 |

Şekil 4. Amonyum nitrat üretimi standart arızaları

Hava kompresörü
La Mont reaktörü
Yoğunlaştırıcı

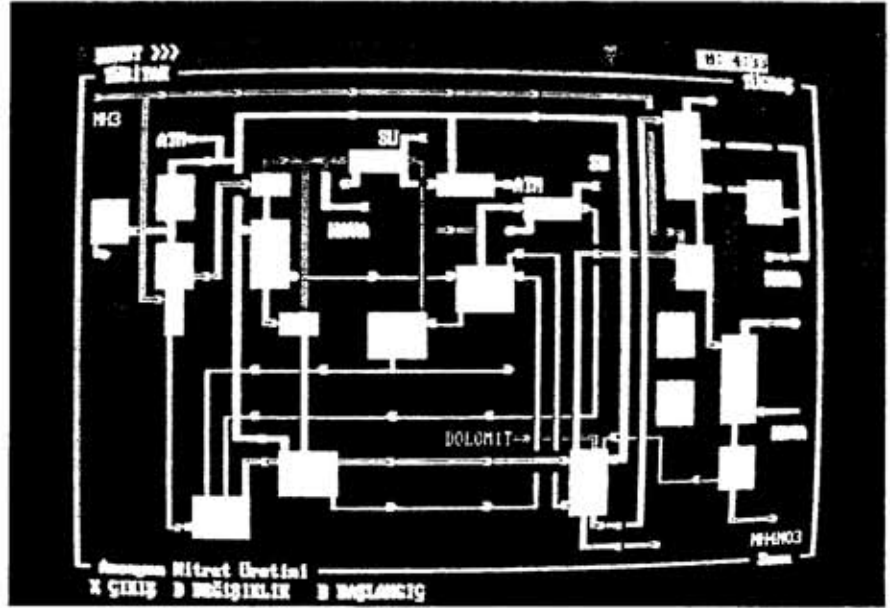
Flaş evaporatör
Ejektör
Luwa evaporatörü
Elek

Prosesste önemli değişiklikler esas olarak eğitici tarafından yapılabilmektedir. Bunlar süreç giriş akımlarının bazı parametrelerinin değiştirilmesi şeklinde olabildiği gibi ilgili tesiste sıkça rastlanan ve süreç el kitabına geçmiş standart tesis arızaları da olabilir. Bu arızalar bazı kontrol birimlerinin arızaları.

pompaların çalışmaması, buhar ve soğutma suyu basınçlarının düşmesi gibi arızalardır (Şekil 3 ve 4). Bu arızaların istenildiğinde baslatılması yada kaldırılması mümkündür.

Arızanın baslatılmasından sonra simüle edilen sistem tepkisini gösterir ve kararlı değerlerden sapan parametreler alarm vermeğe başlarlar. Konsol başındaki öğrenci, tesisdeki operatör gibi panodaki kontrollarla oynayarak ve gösterge ve yazıcılarıdaki değerleri takibederek tesisi normal çalışma rejimine getirmeye çalışır yada bazı arızalarda olduğu gibi tesisi tamamen durdurması gerekebilir. Bunu yaptıktan sonra, eğitici tarafından arıza kaldırıldığında, tesisi yeniden devreye alabilir.

Simüle edilen prosesteki bazı parametreler öğrenci konsolu üzerindeki kontrol birimleri tarafından kontrol edilmektedirler. Ancak herhangi bir nedenle bu birimler çalışmazsa, kontrol bilgisayara alınabilmekte, simüle edilmiş kontrol birimleri bu görevi üstlenmekte ve böylece sistemin çalışmaya devam etmesi mümkün olmaktadır. Benzer olarak konsoldaki kaydedicilerde herhangi bir arıza olması durumunda bir kaydedicinin istenen herhangi bir değeri yazabilecek şekilde



Şekil 6. Amonyum nitrat reaktörü bilgisayar gösterimi

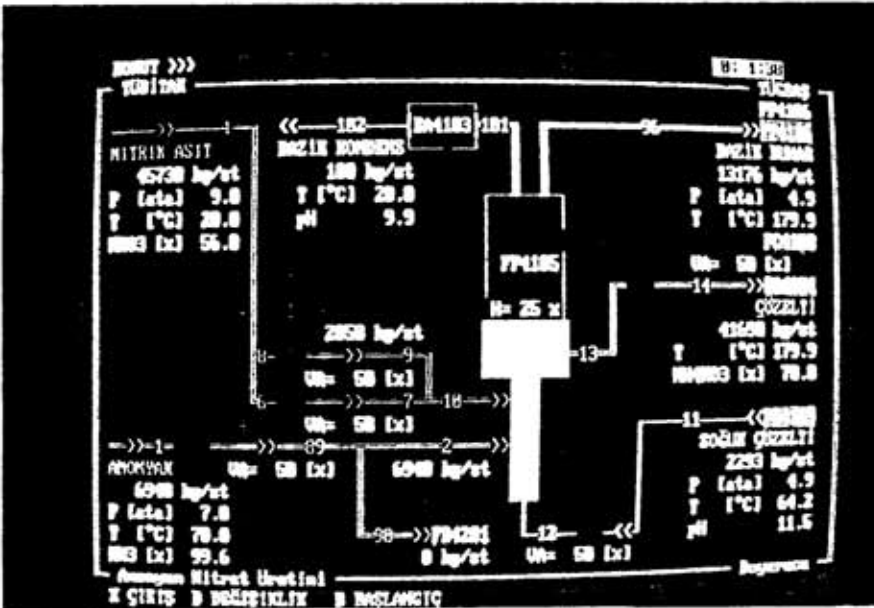
ayarlanabilmesi programdan çıkmadan mümkün olmaktadır.

Eğitim sırasında eğitici, bilgisayar başında tüm prosesi (Şekil 5) yakından takibedebilmektedir. Bunun için ilgili ünitenin adını yazması yeterlidir. Ekrana gelen ünite resimlerinde (Şekil 6) önemli proses

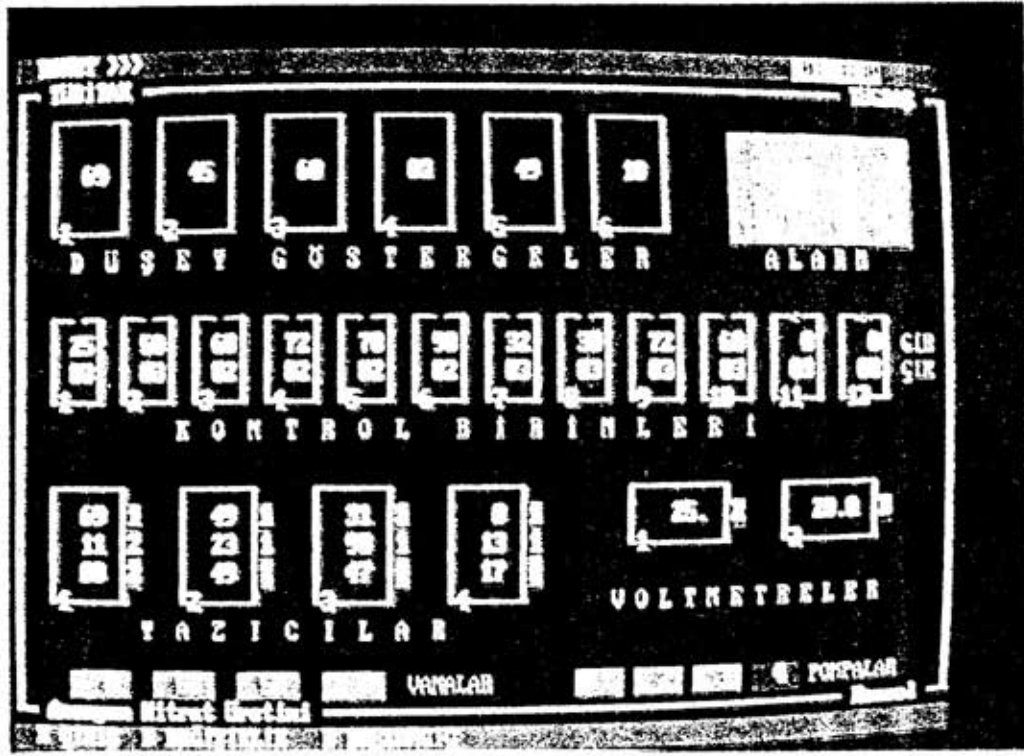
parametrelerini görmek mümkündür. Herhangibir akımın numarası girildiğinde ise o akımla ilgili olarak hesaplanan tüm parametreler gözlemlenebilir. Eğitici ayrıca konsoldaki gösterge ve kontrolları (Şekil 7) ve alarm panosunu (Şekil 8) bilgisayar başında takibedebilir. Eğiticiinin elindeki tüm bu imkanlar öğrencinin tepkisini değerlendirmede büyük kolaylık sağlamaktadır.

5. SONUÇ

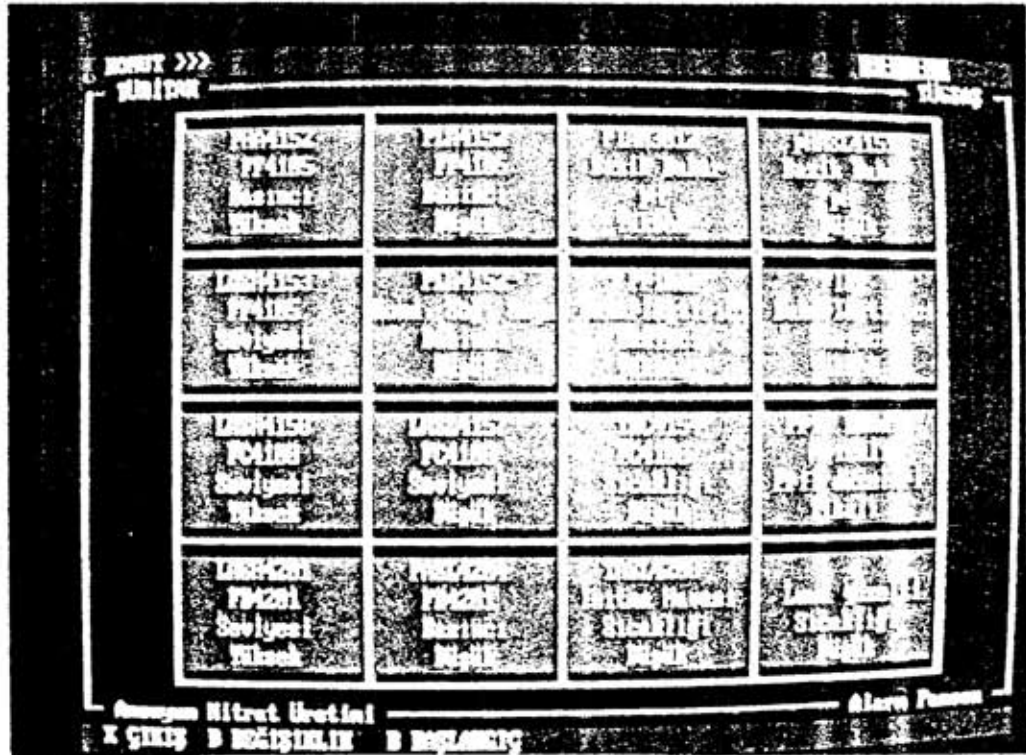
TÜGSAŞ'ın elinde bulunan simülatör çağdaş bir eğitim aracıdır. Yeni işe başlayacak mühendislerin yada görev yeri değişikliği yapılan işçilerin ilgili proses açısından temel eğitimleri burada gerçekleştirilebilir. Hernekadar TÜBİTAK tarafından yapılmış olan bu çalışma eski ancak halen çalışan iki prosesi simüle etmekteyse de TÜGSAŞ tarafından yatırım yapılan yeni prosesler için de benzer yazılımlar kolaylıkla geliştirilebilir. Örneğin Gemlik'te kurulmakta olan 1000 ton/gün kapasiteli oldukça büyük ve komplike bir tesis olan amonyak tesisi simüle edilip tesis ile ilgili eğitim programında kullanılabilir. Bu ve diğer mevcut proseslerin simülasyonu ile Kütahya'daki simülatör daha sıklıkla ve verimli bir şekilde kullanılabilir.



Şekil 5. Amonyum nitrat prosesi bilgisayar akım şeması



Şekil 7. Öğrenci konsolu bilgisayar gösterimi



Şekil 8. Alarm panosu bilgisayar gösterimi