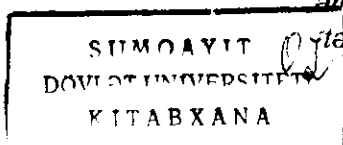


V.A.Balayev, N.S.Məmmədov

İDARƏETMƏ OBYEKT LƏRİNİN
RİYAZİ MODEL LƏRİNİN
ALINMASI

(dərs vəsaiti)

*Azərbaycan Respublikası Təhsil
Nazirliyinin "Avtomatika və
Robototexnika" bölməsinin
10.06.2010-cu il tarixli 738 saylı
əmrinə əsasən dərs vəsaiti kimi
təsdiq edilmişdir.*



Bakı-2010

5/7/19

6815(01)

B22 Rəy verənlər: AMEA-nın müxbir üzvü, prof. F.İ.Məmmədov,
Prof. F.M.Abdullayev (ADNA),
Prof. Q.Ə.Rüstəmov (ADTU),
Prof. F.G.Feyziyev (SDU).

Elmi redaktor: t.e.d., prof. Ə.H.Nağıyev

Dərs vəsaitində riyazi statistikanın bəzi üsullarından istifadə olunmaqla texnoloji proseslərin optimal rejimlərinin tapılmasının əsasını təşkil edən riyazi modellərin məsələsi şərh edilmiş və bu məqsədlə reqressiya, korrelyasiya və Çebişev üsullarından istifadə edilmişdir.

Vəsaitdə eyni zamanda müxtəlif xarakterli reaksiyalarla müşayiət olunan bir sıra tipik proseslərin uyğun kinetik tənlikləri tərtib edilmiş və onların həll qaydaları verilmişdir.

Kitabda hər fəslə aid çoxlu sayda məsələlərin praktiki olaraq həll olunması nəzəri materialı dərinlən mənimsəməyə imkan verir.

Dərs vəsaiti "Avtomatika və idarəetmə" istiqaməti üzrə təhsil alan tələbələr eyni zamanda magistrantlar üçün nəzərdə tutulmuşdur.

ISBN 978-9952-440-34-3

© V.A.Balayev, N.S. Məmmədov, 2010

GİRİŞ

Məlumdur ki, fiziki, kimyəvi, bioloji, hidrodinamiki, aqrar, iqtisadi və s. obyektlərin idarəetmə sistemlərinin yaradılmasında, onların istismar edilməsində, proseslərin gedişi tendensiyasının proqnozlaşdırılmasında geniş tətbiq sahəsinə malik olan riyazi modelləşdirmə ən vacib mərhələlərdən biri sayılır.

Elmi ədəbiyyatlarda riyazi modelləşdirmə iki istiqamət üzrə aparılır. Birinci istiqamət üzrə riyazi modelləşdirmə prosesdə iştirak edən maddələrin fiziki-kimyəvi xassələrini eyni zamanda uyğun aparatların həndəsi ölçülərini nəzərə alaraq yerinə yetirilir. Bu üsul ilə alınmış riyazi modellərin strukturu xeyli dərəcədə mürəkkəb və onların emal olunması xeyli məşin vaxtının sərf olunmasına gətirib çıxardığından bu kateqoriyadan olan riyazi asılılıq əksər hallarda prosesin real zaman miqyasında idarə olunmasını təmin etmirlər.

İkinci istiqamət üzrə tərtib edilən riyazi modellərin alınması isə təcrübi üsullar vasitəsilə toplanmış statistik məlumatın müəyyən alqoritm üzrə emal edilməsinə əsaslanır. Bu istiqamət üzrə alınan riyazi modellərin strukturları xeyli dərəcədə sadə, onların emal olunması az vaxt apardığından bu kateqoriyadan olan riyazi modellərdən proseslərin idarəedilməsində daha geniş istifadə edilir.

Statistik məlumatın toplanmasında passiv və aktiv təcrübə üsullarından istifadə edilir. Hər iki təcrübə üsulu qərarlaşmış

rejimlərdə giriş və çıxış parametrlərinin qiymətlərinin lazımi vaxtlarda qeyd edilməsilə təcrübə materialın toplanmasını təmin edir.

Passiv təcrübə üsulundan tədqiqatçı passiv müşahidəçi kimi prosesin idarəedilməsinə müdaxilə etmədən məlumatı toplayırsa, aktiv təcrübə üsulunda tədqiqatçı əvvəlcədən tərtib olunmuş olan plan üzrə prosesi xarakterizə edən giriş parametrlərinin qiymətlərini müəyyən diapazonda dəyişmək hüququna malik olur.

Hər iki üsul ilə toplanmış statistik material riyazi statistikanın qanunauyğunluqlarından istifadə etməklə emal olunur. Bu məqsədlə baxılan işdə reqressiya və korrelyasiya analizi üsulları, eyni zamanda Çebışev polinomunun tətbiq olunma alqoritmləri ətraflı şərh olunmuşdur.

Dərs vəsaiti giriş, beş fəsil və əlavədən ibarətdir.

I fəsildə fiziki və riyazi modelləşdirmə haqqında, idarəetmə obyektinin strukturu, eyni zamanda obyektin riyazi modellərinin qurulma sxemləri haqqında məlumat verilmişdir.

II fəsildə ehtimal nəzəriyyəsinin bəzi anlayışları, təsadüfi kəmiyyətin paylanma sıxlığı və paylanma funksiyası, təsadüfi kəmiyyətin ədədi xarakteristikaları ilə yanaşı normal paylanma qanunu haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. Fəsildə eyni zamanda təsadüfi kəmiyyətin intervalı və etibarlılıq ehtimalının məsələsinə də baxılmışdır.

III fəsil passiv və aktiv təcrübə üsulları ilə toplanmış statistik məlumatın emal olunaraq riyazi modellərin alınması məsələsinə həsr

olunmuşdur. Burada reqressiya və korrelyasiya analizi üsulları ətrafı şərh olunmuş və bu üsulları köməylə konkret olaraq riyazi modelin alınma mexanizmi öz əksini tapmışdır. Kitabda eyni zamanda müxtəlif planlaşdırma üsullarına baxılmış və həmin üsullar məsələ həll edilməsilə zənginləşdirilmişdir.

IV fəsildə Çebışev qaydası ilə riyazi modellərin alınmasının üstün cəhətləri və bu üsul ilə idarəetmə obyektlərinin identifikasiya olunması verilmişdir.

Fəsildə eyni zamanda bu qaydanın tətbiq olunması ilə müxtəlif tərtibli asılılıqların alınması məsələlərinə də baxılmışdır.

V fəsildə kimyəvi reaktorların identifikasiya məsələsinə baxılmış və kimyəvi kinetikanın elementləri haqqında məlumat verilmişdir.

Burada eyni zamanda kimyəvi reaktorlarda gedən sadə, mürəkkəb, dönən, dönməyən, ardıcıl və paralel şəkildə gedən kimyəvi reaksiyalara uyğun olaraq onların kinetika tənlikləri verilmiş və bunlara uyğun həll alqoritmləri göstərilmişdir.

Kitabın əlavələr bölməsində bəzi üsullar konkret olaraq riyazi modellərin alınmasında istifadə olunan cədvəllər və alınmış nəticələr verilmişdir.

Dərs vəsaitində verilmiş metodlarla tələbələr məşğul olarkən məsələlərdə tətbiq olunan riyazi üsullar haqqında müəyyən məlumatları olmalıdır.

Dərs vəsaiti istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması, hesablama texnikası ixtisaslarına yiyələnən ali məktəb tələbələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Kitabdan eyni zamanda müxtəlif ixtisaslar üzrə olan mühəndislər, elmi işçilər, magistrlər, aspirantlar da istifadə edə bilərlər.

RIYAZI MODELƏSDİRMƏ METODLARI VƏ ONLARIN TƏTBİQ SAHƏLƏRİ

1.1. Texnoloji proseslərin identifikasiyası haqqında

Müasir texnoloji proseslər çox faktorlu proseslərlə xarakterizə olunur. Bu proseslərin giriş və çıxışları arasındakı asılılıqlar mürəkkəb olub, nəzarət olunmayan parametrlər, əsas təsirlərin geniş miqyasda dəyişilməsi, parametrlər arasındakı nəzəri riyazi modellərin qurulmasının çətin olması, idarə parametrlərinin gecikməyə malik olması, proseslər haqqında tam təsəvvür yaradılmasına imkan vermir. Belə mürəkkəb proseslərdə avtomatik idarəetmə sistemlərinin qurulması kompleks problemlərin tədqiqi və onların həlli ilə əlaqədardır. Bunlardan biri idarə olunan obyekt haqqında informasiyanın alınması, onun parametrlərinin əsaslandırılması və xarakteristikaları, yəni onun identifikasiyası (eyniləşdirmək) təşkil edir. İdarəetmə obyektlərində riyazi modellərinin tədqiqi optimallaşdırma məsələlərinin bir tərkib hissəsi sayılır.

Təcrübədə riyazi modellərin qurulması obyektin giriş və çıxış parametrlərinin üzərində eksperimentin aparılmasına əsaslanır. Texnoloji proseslərin eksperimentlər vasitəsilə öyrənilməsində əsas vasitələrdən aktiv və passiv eksperimentlərə

əsaslanan riyazi statistika metodlarından istifadə olunur. Tipik texnoloji proseslərin identifikasiyası zamanı onları aşağıdakı əsas tədqiqat mərhələlərinə ayırmaq olar:

1. Əvvəlcə obyektin strukturu və texnologiyası öyrənilir. Tədqiqat məsələlərinin forması və obyektə əlaqədar olan həll olunmayan məsələlərin təyin edilməsi.

2. Əlavə eksperimental tədqiqatların aparılması, tədqiq olunan məsələlərin dəqiqləşdirilməsi, parametrlərin seçilməsi və obyektin xarakteristikalarının öyrənilməsi.

3. Məsələnin qoyuluşundan asılı olaraq tədqiq olunan obyektə riyazi modellərin strukturunun seçilməsi (layihələndirmənin optimal olması üçün modellər vasitəsilə texnoloji rejimin optimumunun axtarılması, idarə alqoritminin işlənilib hazırlanması və s.), eksperiment vasitəsilə informasiyanın alınması metodlarının seçilməsi, uzun müddət sənaye miqyasında tədqiqatın aparılması və informasiyanın hasil edilməsi üsullarının müəyyən edilməsi.

4. Alınan modelin analizi və tədqiqi, real obyektə adekvatlığın yoxlanılması və seçilən meyar üzrə alınan modellərin dəqiqləşdirilməsi, identifikasiya sistemlərinin qurulması üçün texniki vasitələrin seçilməsi.

Yuxarıda deyilən məsələlərə identifikasiya məsələləri kimi baxıla bilər. Texnoloji proseslərin identifikasiyası məsələlərinin həlli EHM-də yerinə yetirilir.

Texnoloji proseslərdə modellərin istifadə edilməsi aşağıdakı məqsədlər üçün yerinə yetirilə bilər. Praktiki olaraq belə yoxlamaları obyektə və modelə eyni bir giriş signalı verib, çıxış signalınının fərqi tədqiq etməklə yerinə yetirmək olar. Model dəqiqləşdirildikdən sonra onun üzərində tədqiqat aparmaq olar. Obyektlərin tədqiq olunma rejimindən asılı olaraq dinamik və statik modellər qurulur.

Dinamik modellər keçid rejimlərində obyektin parametrlərinin qarşılıqlı əlaqəsini xarakterizə edir və ümumi şəkildə diferensial tənliklərdən ibarət olur. Statik modellərdə zaman arqumenti iştirak etmədən obyektin parametrləri arasındakı statik asılılıqlar göstərilir. Ümumiyyətlə kimya-texnoloji sistemin identifikasiyası elmi-tədqiqat əməliyyatlarından ibarət olub eksperimental qiymətlərə görə çıxış və giriş dəyişənləri arasındakı real prosesin adekvat riyazi modelini almaqdan ibarətdir. Kimya-texnoloji proseslərini tədqiq etmək üçün əsas istiqamətlər aşağıdakı kimi ola bilər:

- Riyazi modellər sinfinin seçilməsi (statik, dinamik, determinik, ehtimal, diskret, fasiləsiz);
- Riyazi asılılıqların strukturunun seçilməsi (xətti, qeyri-xətti, diferensial və başqa tənliklər formasında);
- Dəyişənlərin tipinin seçilməsi;
- Adekvatlıq meyarlarının seçilməsi, identifikasiya məsələsinin tipinin və həlli üçün uyğun optimal alqoritmin seçilməsi məsələləridir.

Göstərilən tədqiqatlar nəticəsində obyektin riyazi modelinin tipi və ümumi quruluşu təyin edildikdən sonra təcrübələrin aparılması planlaşdırılır. Şəraitdən asılı olaraq passiv yaxud da aktiv eksperiment üsullarından istifadə oluna bilər.

Aktiv təcrübədə obyektin girişinə həyəcanlandırıcı siqnal verilərək obyektin çıxış siqnalları qeyd edilir. Aktiv təcrübə ilə qısa vaxtda az məlumat əsasında obyektə gedən prosesin riyazi modelini almaq olar. Lakin bu təcrübəni istənilən obyektə qoymaq mümkün olmur. Ona görə ki, texnoloji prosesin normal gedişini poza bilər. Bu səbəbdən də bəzi hallarda aktiv təcrübədən istifadə etmək çətinliklər törədir.

Passiv təcrübədə obyektə gedən prosesə təsir etmədən onun əsas giriş və çıxış parametrləri qeyd edilir. Müxtəlif istiqamətlərdə təcrübənin qoyulmasının əsasını təşkil edən proseslərdə eksperimental tədqiqatların aparılması modelləşdirmə adlanır. Deməli obyekt haqqında yeni məlumat almaq məqsədilə onun işinin modeldə aparılmasına və öyrənilməsinə modelləşdirmə deyilir. Yəni model qurmaq, model yaratmaq modelləşdirmə adlanır. Bundan əlavə modelləşdirmə elmi-tədqiqat işlərində eksperiment və nəzəriyyə arasındakı ilkin şərtləri yaradır.

Model sözü "ölçü", "obraz", "üsul" mənalarını verir, "modus, modulus" latın sözlərindən ibarətdir. Bütün modellər işarə (simvolik) və real (həqiqi) modellərə ayrılırlar. İşarə

(simvolik) modellər proseslərin, hadisələrin, obyektlərin riyazi təsvirləri adlanaraq adətən riyazi modellər adlanırlar. Belə modellərin qurulması üçün və onlar üzərində əməliyyatlar aparılması üçün riyaziyyatın xüsusi bölmələrindən istifadə olunur (diferensial hesabı, riyazi statistika, qraflar nəzəriyyəsi və s.).

İşarə modellərinin təşkili zamanı riyazi aparat modelləşdirilən obyektin tam xüsusiyyətlərini təmin etməlidir və ona görə də, onun seçilməsi öyrənilən sistemin mürəkkəbliyindən və xarakteri ilə təyin edilir.

Real (həqiqi) modellər fiziki obyektlər adlanaraq fiziki və real modellərə ayrılır.

Fiziki model öyrənilən obyektə eyni fiziki təbiətə malikdir və onun bütün xüsusiyyətlərini özündə təkrar edir. Elmi və mühəndis tədqiqatlarında modelləşdirmə fiziki və riyazi modelləşdirmələrə ayrılır. Fiziki model adətən bir obyektə aid olur və ona görə də universal xarakter daşımır. Məhz bu səbəbdən fiziki modelləşdirmə çox baha başa gəlir. Fiziki modellərin universal olmaması və çox baha başa gəlməsi onların tətbiqini məhdudlaşdırır.

1.2. Fiziki modelləşdirmə

Fiziki modelləşdirmədə obyektin fiziki xarakterinə uyğun olan model üzərində tədqiqat aparılır. Obyektə gedən model eyni fiziki xassəyə malik olub, ancaq ölçüləri ilə bir-birindən fərqlənirlər.

Fiziki modelləşdirmənin meydana gəlməsi əsas praktiki məsələlərlə əlaqədardır. Yeni yaradılmış cihazlarda, maşınlarda parametrlərin qiymətlərini təyin etmək çox çətinlik yaradır. Lakin, fiziki modelləşdirmədən istifadə etdikdə ən kiçik maddi xərclər ilə belə prosesləri tədqiq etmək və həmin prosesin riyazi təsvirini dəqiqləşdirməklə lazım olan parametrlərin qiymətlərini tapmaq mümkündür. Ümumiyyətlə maşınqayırma və cihazqayırma sənayesində bunlardan geniş istifadə olunur.

Fiziki modelləşdirmə hələ XV əsrdən Leonardo da Vinçi, sonralar Qaliley və Nyuton tərəfindən istifadə olunmuşdur. Sonralar rus akademiki Krilov tərəfindən inkişaf etdirilmişdir. Fiziki modelləşdirmənin üstün cəhətlərinə baxmayaraq bəzi çətinləşməyən cəhətləri də vardır:

1. Hər dəfə yeni prosesi tədqiq etdikdə, yeni modelin qurulması lazım gəlir.
2. Modelləşdirilən obyektin parametrlərinin dəyişməsi modelə düzəliş verilməsini və yaxud əvəz edilməsini çətinləşdirir.
3. Mürəkkəb obyektlərin modellərinin baha başa gəlməsi.
4. Bəzi hallarda bu üsul müəyyən hədd daxilində mümkün olur və bəzi hallarda isə təyin etmək mümkün olmur.

Fiziki modelləşdirmə üsulunun kimyəvi reaksiya gedən proseslər üçün istifadə olunması çətinləşir.

Məlumdur ki, kimyəvi proseslərdə kimyəvi reaksiyalarda gedən çevrilmələr eksperimentin miqyasından asılı deyildir. Bu

onunla əlaqədardır ki, laboratoriya şəraitindən ölçmənin nəticələrini sənaye miqyasındakı qurğulara tətbiq etmək lazımdır. Lakin müşahidələr göstərir ki, həqiqətən bütün kimyəvi çevrilmələr reaktorların ölçülərindən asılıdır. Qeyd olunan ziddiyyət o vaxt yaranır ki, kimyəvi reaksiya reaksiyaya girən qarışıqların tərkibini və temperaturunu dəyişir. Bununla əlaqədar olaraq maddə və istilik proseslərinin baş verməsi reaksiyanın sürətini dəyişərək reaktorda temperatur və qatılıq səhələrinə təsir edir. Bu da reaktorun forma və ölçülərindən asılı olacaqdır. Tərkib və temperatur reaktorda gedən reaksiyanın, kimyəvi çevrilmənin sürətini dəyişəcəkdir. Nəticədə kimyəvi prosesin getməsi tamamilə aparatın ölçülərindən mürəkkəb asılılıqda olacaqdır. Əgər reaktorun ölçüləri dəyişərsə, reaksiyaya girən maddələrin kimyəvi çevrilməsinin ümumi sürəti müəyyən qədər dəyişəcəkdir. Bu da müxtəlif məhsulların əmələ gəlməsinə təsir edəcəkdir.

Beləliklə reaksiya sürətinin dəyişməsi müəyyən mənada reaktorun ölçülərindən asılı olduğu üçün fiziki modelləşdirmədən istifadə etmək çətinləşir. Ona görə də hər dəfə proses gedəndə reaktorun ölçülərini reaksiya sürətindən asılı olaraq dəyişmək tələb olunur. Bu da böyük çətinliklərlə əlaqədar olduğu üçün fiziki modelləşdirmə burada öz əhəmiyyətini itirir. Buradan aydın olur ki, müxtəlif miqyaslı reaktorlarda kimyəvi çevrilmənin

sürətinə təsir edən fiziki faktorların birlikdə təsiri mümkün deyildir.

Beləliklə tədqiqatçılar (Damkeller, Bosfort, Dyakonov) kimyəvi çevrilməni xarakterizə edən oxşarlıq kriterilərini tapmağa bir neçə dəfə səy göstərmişlər. Lakin bütün bu səylər nəticəsiz olmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, başqa kriterilərlə Damkeller kriterisini müqayisə etdikdə Damkeller kriterisinin analizi reaktorların hesabı üçün fiziki modelləşdirmədən istifadə etməyin mümkün olmaması göstərilmişdir.

Fiziki modelləşdirmədən istifadə etmək imkanını aşağıdakı qarşılıqlı əlaqənin analizindən görmək olar:

$$f=d-k \quad (1.1)$$

Burada, f -modelin asılı olmayan parametrlərinin (sərbəstlik dərəcəsi); d - prosesi xarakterizə edən parametrlərin; k -oxşarlıq kriterilərinin sayıdır.

Əgər asılı olmayan parametrlər yoxdursa, onda modelin parametrlərinin seçilmə sərbəstliyi olmayacaqdır. Bu halda fiziki modelləşdirmədən istifadə etmək mümkün deyildir.

1.3. Riyazi modelləşdirmə

Riyazi modelləşdirmə elmi-tədqiqat üsullarından biri olub öyrənilən prosesin riyazi modelləşdirmənin köməyi ilə dərk edilməsinə əsaslanmışdır.

Hazırda ən geniş yayılmış üsullardan biri də riyazi modelləşdirmədir. Bunun əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, idarəetmə obyektini riyazi asılılıqla əvəz olunur və riyazi model qurulur. Daha doğrusu tədqiq olunan obyekt riyazi tənliklərlə ifadə olunaraq və alınan riyazi tənlik həmin obyektini əvəz edir. Öyrənilən proses isə riyazi modellərin köməyiylə dərk edilməsinə əsaslanır.

Hadisələrin fiziki təbiətinə görə müxtəlif olması və onların riyazi təsvirinin alınması da müxtəlif formada olur. Misal üçün hadisələri fiziki təbiətinə görə müxtəlifliyinə və onların riyazi təsvirlərinə baxaq.

İstiliyin köçürülməsi (istilik seli) - temperatur qradientinə mütənəsbdir (Furye qanunu):

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad (1.2)$$

λ -istilik köçürmə əmsəlidir.

Maddələrin köçürülməsi (maddələr seli) - qatılıq qradientlə mütənəsbdir (Fik qanunu):

$$j = -D \frac{dc}{dx} \quad (1.3)$$

D -diffuziya əmsəlidir.

Daxili sürtünmə (Nyuton qanunu) qanunu:

$$f = -\mu \frac{d\varphi}{dx} \quad (1.4)$$

Elektrik cərəyanının verilmə sürəti gərginlik qradientlə mütənasibdir (Om qanunu):

$$i = \frac{1}{\rho} \frac{du}{dx} \quad (1.5)$$

$\frac{1}{\rho}$ -elektrik keçiricilik əmsalı, ρ -xüsusi müqavimətdir.

Yuxarıda göstərilən tənliklər riyazi yazılışına görə bir-birinə oxşayırlar. Bura aşağıdakı qradientlər daxildir: temperatur $\frac{dT}{dx}$, qatılıq $\frac{dc}{dx}$, sürət $\frac{d\phi}{dx}$, gərginlik $\frac{du}{dt}$. Bu tənliklər üçün müəyyən əmsallar hesablamaqla eyni vahidlərlə ifadə etmək olar. Daha doğrusu onları elektrik modellərinə çevirmək olar, yəni analogi (oxşar) olaraq riyazi modellər almaq. Analogiya dedikdə iki obyektin bir-birinə oxşarlığı (üst-üstə düşməsi) nəzərdə tutulur.

Kimya-texnoloji obyektlərinin riyazi modellərinin tərtib olunması mərhələlər üzrə yerinə yetirilir:

1. Riyazi modellərin tərtib edilməsi.

2. Tədqiq olunan prosesin riyazi modelinin adekvatlığının yoxlanılması.

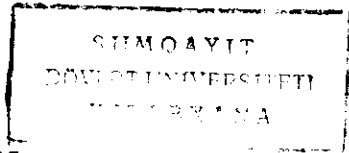
3. Riyazi modellərin həlli, yəni riyazi modellərin həyata keçirilməsi.

Riyazi modellərin tərtib olunmasının birinci mərhələsi prosesin parametrləri arasındakı əlaqənin təyin olunması, sonra

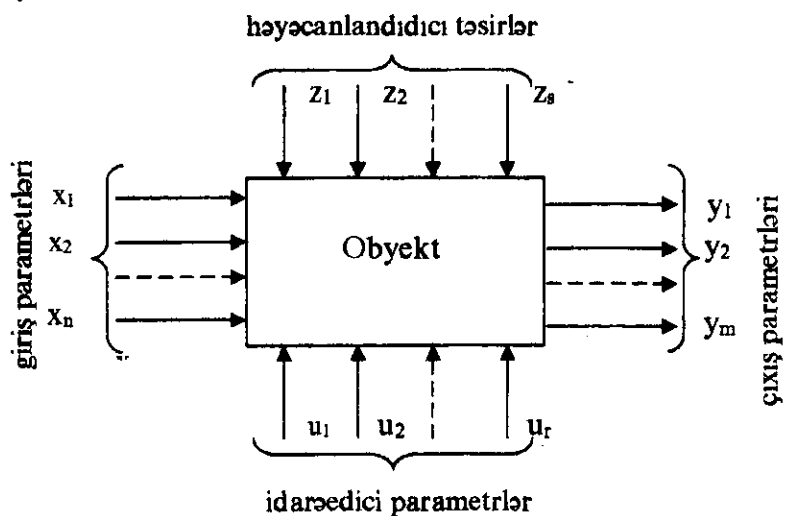
isə sərhəd və başlangıç şərtlərinin təyin edilməsidir. İkinci isə tədqiq olunan obyektə xarakterizə edən riyazi tənliklər sisteminin tərtib edilməsidir. Riyazi ifadələr isə energetik və material balansları əsasında tərtib olunur. riyazi təsvirlər sisteminə cəbri tənliklər, xüsusi törəmələr, adi diferensial tənliklər, empirik düsturlar, məntiqi əməliyyatlar və s. daxildir. Riyazi təsvirlərin həyata keçirilməsi və ya riyazi modellərin həlli və tənliklərin parametrləri (əmsalları) və aparatların həndəsi ölçülərindən (uzunluq, diametr) funksional asılılıqlarla ifadə olunur. Bundan əlavə maddələrin özlülüyündən, sıxlığından, reaksiyanın sürət sabitindən və s. asılıdır. Bu parametrlər düsturlar vasitəsilə hesablanı bilər və ya əvvəlcədən verilib bilər. Riyazi modelləri alandan sonra onun adekvatlığını yoxlamaq lazımdır. Tədqiq olunan riyazi model real prosesi təxmini təsvir etməlidir. Əgər riyazi model prosesi təsvir etmirsə, onda alınan riyazi model korreksiya olunmalıdır. Bu məqsəd üçün alınan nəticələr obyektin özündə yoxlanılmalıdır.

1.4. Texnoloji sistem və onun xarici əlaqələri

Mürəkkəb texnoloji sistem dedikdə bir-birilə qarşılıqlı əlaqəsi olan və müəyyən funksiyaları yerinə yetirən müxtəlif elementlər çoxluğundan təşkil olunmuş sistem kimi başa düşünülür.



Müəyyən konstruktiv tərtibatı olan aparatda gedən texnoloji proses (sadə obyekt), bir neçə proses və aparatlardan ibarət olan texnoloji proses (mürəkkəb obyekt) kimya texnoloji obyekt adlanır.



Şəkil 1.1. Obyektin strukturu

Kimya texnoloji obyekt adətən müxtəlif faktorların (parametrlərin, dəyişənlərin) təsiri altında olur. Bu zaman obyektin girişinə olan təsirlər giriş kəmiyyətləri və yaxud girişlər adlanır. Giriş parametrlərin təsiri nəticəsində obyektin çıxışında olan reaksiya –çıxış parametrləri və ya çıxışlar adlanır. Girişlər və çıxışlar arasında qarşılıqlı əlaqələr olduğu üçün bu dəyişənlər obyektə gedən prosesi xarakterizə edir. Obyektlər adətən həyəcanlandırıcı təsirlərə məruz qalır. Həyəcanlandırıcı təsirləri

kompensasiya etmək üçün idarəedici təsirlərdən istifadə olunur. Şəkil.1.1-də kimya texnoloji obyektinin struktur sxemi təsvir olunmuşdur.

Obyektə təsir edən bütün parametrləri xarakterindən asılı olaraq aşağıdakı qruplara ayırmaq olar. Obyekt giriş parametrləri ilə x_1, x_2, \dots, x_n –yəni girişlər, çıxış parametrləri y_1, y_2, \dots, y_m –çixışlar, idarəedici təsirlər u_1, u_2, \dots, u_k – idarəedici parametrlər, həyəcanlandırıcı təsirlər z_1, z_2, \dots, z_s ilə xarakterizə olunurlar.

Parametrlər arasındakı qarşılıqlı əlaqə müxtəlif kanallar üzrə aparılır, məsələn, "x-y" əsas əlaqə kanalı, "u-y" idarəetmə kanalı, "z-y" həyəcanlandırıcı təsir kanalları qəbul olunur.

Giriş parametrləri. $\{x\} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$

Giriş parametrləri o parametrlər adlanır ki, onları ölçmək mümkündür, lakin onlara təsir etmək imkanı yoxdur. Nəzərdə tutulur ki, bu parametrlər prosesin rejimindən asılı deyildir.

Kimya texnologiyasında giriş parametrləri kimi əsas xammalın tərkibi, aparata daxil olan istilik agentinin miqdarı, keyfiyyət və sairəni misal göstərmək olar. Prosesin reqlamentindən asılı olaraq giriş parametrlərinin qiyməti müəyyən intervalda dəyişir:

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max} .$$

İdarəedici parametrlər $\{u\} = (u_1, u_2, \dots, u_k)$.

Kimya texnoloji obyektlər idarə olunandır. Lakin , bir çox hallarda həyəcanlandırıcı təsirlərdən asılı olaraq idarəedici təsirlər dəyişir. Bu həyəcanlandırıcı təsirləri kompensasiya etmək üçün obyektə idarəedici təsirlər edilir və prosesin normal getməsi üçün onu dayanıqlı vəziyyətə gətirir. Beləliklə idarəedici təsirlər o parametrlər adlanır ki, prosesi tələb olunan rejimdə idarə etmək üçün bilavasitə obyektə təsir göstərir. Kimya aparatları üçün idarəedici parametrlər aparata verilən tənzim olunan əsas qarışıqın miqdarı, aparatda tənzimlənən təzyiq, istilik agentinin temperaturu və s. parametrlər sayılır. Bunlara qoyulan məhdudiyyətlər aşağıdakı kimidir:

$$U_{\min} \leq U_i \leq U_{\max} .$$

Həyəcanlandırıcı parametrlər $\{z\} = (z_1, z_2, \dots, z_s)$.

Texnoloji obyekt həmişə daxili və xarici təsirlərə məruz qalır. Həyəcanlandırıcı parametrlər elə parametrlər adlanır ki, onun qiyməti təsadüfi formada dəyişir. Bu təsirləri ölçmək o qədər də asan deyildir. Məsələn, belə həyəcanlandırıcı parametrlərdən xammalda müxtəlif qarışıqların mövcudluğu , katalizatorun aktivliyinin tədricən dəyişməsi, prosesin temperaturunun reaksiya hesabına dəyişməsi, atmosferin temperaturunun və rütubətinin dəyişməsi, həmçinin bu və ya digər xarakterdə olan təsirləri misal göstərmək olar.

Həyəcanlandırıcı təsirlər prosesdən asılı olmayaraq dəyişərək daxili və xarici təsirlərə ayrılırlar.

Prosesdən asılı olmayan təsirlərə misal olaraq aparata verilən xammal tərkibindəki nəzarət olunmayan qarışıqlar (xarici həyəcanlandırıcı təsirlər), prosesdən asılı həyəcanlandırıcı təsirlərə misal katalizatorun aktivliyinin dəyişməsinə (daxili həyəcanlandırıcı təsir) göstərmək olar. Bu və ya digər hallarda z_i parametrləri nəzarət olunmayan həyəcanlandırıcı təsirlər adlanır:

$$Z_{\min} \leq z_i \leq Z_{\max} .$$

$$\text{Çıxış parametrləri } \{y\} = (y_1, y_2, \dots, y_m)$$

Çıxış parametrləri prosesin rejimi ilə təyin edilir və prosesin vəziyyətini xarakterizə edir. Daha doğrusu giriş, həyəcanlandırıcı və idarəedici təsirlərin birlikdə obyektə təsiri nəticəsində prosesin iş rejimini xarakterizə edir. Yəni, prosesin gedişi nəticəsində alınan məhsulun xarakteristikasını verir. y_i – çıxış parametrləri prosesin rejimindən asılı olduğu üçün daxili parametrlər adlanırlar. Bu parametrlər çıxış məhsulunun keyfiyyət və miqdarını təşkil edir.

Texnoloji proseslər determinik və stoxastik proseslərə ayrılırlar.

Əgər təyin olunan əsas kəmiyyət müəyyən qanunauyğunluqlarla fasiləsiz olaraq dəyişirsə, belə proseslərə determinik proseslər deyilir.

Bu zaman prosesi xarakterizə edən çıxış kəmiyyətlərinin qiyməti giriş və idarəedici təsirlərin qiymətlərindən asılı olaraq təyin olunur. Determinik prosesə misal olaraq qarışdırıcısı olan reaktorda gedən prosesi göstərmək olar. Bu prosesdə bərabər ölçülü qarışdırılmaya nail olunur. Stoxastik proseslərdə kəmiyyətin qiyməti təsadüfi olaraq dəyişir. Stoxastik proseslərə misal olaraq kontakt-katalitik prosesləri göstərmək olar. Burada məhsulun çıxımı katalizatorun aktivliyindən asılı olaraq dəyişir. Bu onunla əlaqədardır ki, katalizatorun aktivliyi zamana görə dəyişir.

1.5. Kimya texnoloji proseslərinin material və energetik əlaqələri

Kimya texnoloji proseslərin müxtəlifliyini nəzərə alaraq onları material və energetik xarakterinə görə beş əsas sinfə bölmək olar: 1) hidrodinamik, 2) istilik, 3) diffuziya və ya kütlə mübadiləsi, 4) mexaniki və 5) kimyəvi proseslər.

Hidrodinamik proseslər sinfinə: boru xətlərində və aparatlarda maye və qazların qarışdırılması və s. aiddir. Hidrodinamik proseslərin sürəti mexanika və hidrodinamika qanunları ilə təyin olunur.

İstilik prosesləri sinfinə qızdırılma, kondensləşmə istilik mübadiləsi, buxarlandırma və s. daxildir. İstilik proseslərinin sürəti istilik ötürmə qanunları ilə təyin edilir. Diffuziya (kütlə

mübadiləsi) prosesləri sinfinə absorbsiya, distilyasiya və rektifikasiya, adsorbsiya, desorbsiya, ekstraksiya, kristallaşma, qurudulma və s. proseslər daxildir. Diffuziya proseslərinin sürəti kütlə ötürmə qanunları ilə təyin edilir.

Mexaniki proseslər sinfinə parçalanma, xırdalanma, qəlbirləmə, bərk materialların nəql edilməsi, dənəvərləşdirmə və s. daxildir.

Kimyəvi proseslər sinfi öz müxtəlifliyi ilə xarakterizə olunur. Kimyəvi proseslərin sürəti kimyəvi kinetika qanunlarına tabedir. Bu proseslər ən əsas proseslər sayılaraq bir elm kimi tam həll olunmamışdır. Son vaxtlar ədəbiyyatlarda sənaye tipli kimyəvi proseslərdə gedən reaksiyaların, kimyəvi kinetika və mexanizminin öyrənilməsilə, müəyyən qanunauyğunluqların tapılmasına rast gəlmək olar.

Kimya texnoloji obyektlər statik və dinamik xarakteristikalar ilə xarakterizə olunurlar. Giriş və çıxış parametrləri arasındakı qarşılıqlı əlaqəni xarakterizə edir.

Obyektin statik xarakteristikası qərarlaşmış rejimdə çıxış parametrlərinin giriş parametrlərindən asılılığını təyin edir. Texnoloji obyektlərin idarə olunması məsələlərini həll edərkən çıxış parametrlərinin zamana görə dəyişməsi əsas məsələlərdən biri sayılır. Yəni dinamik xüsusiyyətlərini təyin etmək lazımdır. Obyektin dinamik xarakteristikası çıxış parametrlərinin zamana görə dəyişməsinə göstərir.

1.6. Kimya texnoloji proseslərini təsvir edən diferensial tənliklərin tərtib olunması və onların həll edilməsi üçün ilkin şərtlər

Əksər hallarda texnoloji obyektlərin riyazi təsvirləri diferensial tənliklər şəklində verilir. Bunlardan istifadə edərək əsas dəyişənlər arasındakı asılılıqları tapma bilirik. Mühəndis təcrübəsində adətən, prosesləri diferensial tənliklərlə tədqiq etdikdə iki şərtə baxmaq lazımdır. Birincisi diferensial tənliyi tərtib etmək, ikincisi isə onu necə həll etmək, yəni, dəyişənlər arasındakı əlaqəni öyrənmək. Diferensial tənliklərin tərtib olunması üçün ümumi həll üsulu yoxdur. Lakin konkret proseslərin gedişindən asılı olaraq və bəzi vərdişlərdən, riyazi ifadələrdən istifadə edərək müəyyən nəticələr əldə etmək olar. Belə məsələlərin həlli üçün ümumi halda aşağıdakı mərhələlərdən istifadə etmək olar.

1. Prosesin mahiyyətinin araşdırılması, onun mexanizmi haqqında məlumatı öyrənməklə və baxılan prosesə müəyyən riyazi qanunları tətbiq edərək ümumi riyazi ifadənin alınması.

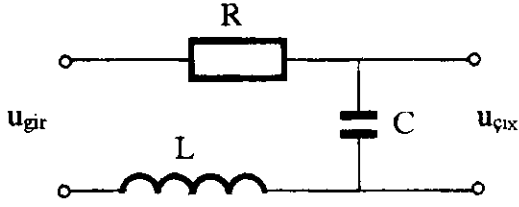
2. Sistemdə elementar həcmərin ayrılması (məsələn, dv elementar həcm) və prosesin hər bir çıxış parametri üçün riyazi ifadələrin seçilməsi.

3. Müxtəlif dəyişənlər üçün material və energetik (istilik) balans tənliklərinin tərtib olunması.

Alınmış diferensial tənlikləri həll etmək üçün dəqiq analitik üsullardan istifadə etmək daha yaxşı nəticə verir.

Kimya texnoloji obyektlər bəzi hallarda sabit əmsallı adi xətti diferensial tənliklərlə təsvir olunur. Mühəndis təcrübəsində rast gəlinən belə tənliklərin tərtib olunması və həlli ümumi halda aşağıdakı kimi aparılır.

Diferensial tənliyi tərtib etmək üçün induktiv, tutum və aktiv müqavimətli elektrik konturunu götürək (şək.1.2) və onun diferensial tənliyini alıb onu həll etmək tələb olunur.



Şəkil 1.2 LRC elektrik konturu

Bu kontur üçün Kirxhof qanununu yazaq:

$$L \frac{di}{dt} + iR + u_{\text{çix}} = u_{\text{gir}} \quad (1.6)$$

Kondensatordakı gərginlik düşküsi:

$$\frac{du_{\text{çix}}}{dt} = \frac{1}{C} i \quad (1.7)$$

Bu ifadəni diferensiallayaraq aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\frac{d^2 u_{\text{çix}}}{dt^2} = \frac{1}{C} \frac{di}{dt} \quad (1.8)$$

(1.7) və (1.8) tənliklərindən cərəyanın və onun törəməsinin qiymətlərini (1.6) tənliyində nəzərə alaq

$$LC \frac{d^2 u_{\text{çix}}}{dt^2} + RC \frac{du_{\text{çix}}}{dt} + u_{\text{çix}} = u_{\text{gir}} \quad (1.9)$$

burada, $LC = T_2^2$, $RC = T_1$, $k=1$ və $u_{\text{çix}}=y$, $u_{\text{gir}}=x$ işarə etsək:

$$T_2^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_1 \frac{dy}{dt} + y = kx \quad (1.10)$$

Alınmış (1.10) ifadəsi LRC elektrik dövrəsinin diferensial tənliyi adlanır

Tənliyi tərtib etdikdən sonra onu həll etmək tələb olunur.

Onun üçün diferensiallama simvolundan istifadə olunur. $p = \frac{d}{dt}$

ilə əvəz etsək, onda alarıq:

$$\begin{aligned} T_2^2 p^2 y + T_1 p y + y &= kx, \\ (T_2^2 p^2 + T_1 p + 1)y &= kx. \end{aligned}$$

Bunun xarakteristik tənliyi:

$$T_2^2 p^2 + T_1 p + 1 = 0 \text{ kimi olacaq.}$$

Bu tənliyin kökləri aşağıdakı kimi tapılır:

$$p_{1,2} = \frac{-T_1 \pm \sqrt{T_1^2 - 4T_2^2}}{2T_2^2}$$

Xarakteristik tənliyin köklərinin xarakterindən asılı olaraq köklər həqiqi, kompleks və xalis xəyali köklər ola bilər.

Əgər tənliyin kökləri həqiqidirsə, yəni $T_1^2 \geq 4T_2$ -dirsə, onda

(1.10) tənliyinin həlli aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$y = C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} + kx \quad (1.11)$$

C_1 və C_2 – inteqral sabitləridir.

Əgər $T_1^2 < 4T_2$ -dirsə, onda köklər kompleks əlaqəli olacaqdır:

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= -\sigma + j\omega \\ p_2 &= -\sigma - j\omega \end{aligned} \right\} \quad (1.12)$$

və ya

$$p_1 = -\frac{T_1}{2T_2} + j\sqrt{\frac{T_1^2 - 4T_2}{2T_2}},$$
$$p_2 = -\frac{T_1}{2T_2} - j\sqrt{\frac{T_1^2 - 4T_2}{2T_2}},$$
$$\sigma = \frac{T_1}{2T_2}, \omega = \frac{\sqrt{T_1^2 - 4T_2}}{2T_2}, j = \sqrt{-1}.$$

(1.11) tənliyinin ümumi həlli:

$$y = y_1 + y_2$$

y_1 – bircinsli inteqral tənliyin həlli, y_2 – xüsusi həldir:

$$y_1 = C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t}$$

$$y_2 = kx.$$

Onda

$$y = kx + C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} \quad (1.13)$$

Əgər (1.12) ifadəsini nəzərə alsaq,

$$y = kx + C_1 e^{(-\sigma + j\omega)t} + C_2 e^{(-\sigma - j\omega)t} = kx + C_1 e^{-\sigma t} e^{j\omega t} + C_2 e^{-\sigma t} e^{-j\omega t} = kx + e^{-\sigma t} (C_1 e^{j\omega t} + C_2 e^{-j\omega t})$$

Eyler düsturuna əsasən :

$$\left. \begin{aligned} e^{j\omega t} &= \cos \omega t + j \sin \omega t \\ e^{-j\omega t} &= \cos \omega t - j \sin \omega t \end{aligned} \right\}$$

buradan

$$\begin{aligned} y &= kx + e^{-\sigma t} [C_1 (\cos \omega t + j \sin \omega t) + C_2 (\cos \omega t - j \sin \omega t)] = \\ &= kx + e^{-\sigma t} [C_1 \cos \omega t + C_1 j \sin \omega t + C_2 \cos \omega t - C_2 j \sin \omega t] = \\ &= kx + e^{-\sigma t} [(C_1 + C_2) \cos \omega t + j(C_1 - C_2) \sin \omega t] , \end{aligned}$$

tutaq ki,

$$C_1 + C_2 = A \sin \beta, \quad j(C_1 - C_2) = A \cos \beta .$$

Onda :

$$y = kx + e^{-\sigma t} [A \sin \beta \cos \omega t + A \cos \beta \sin \omega t] ,$$

və ya

$$y = kx + A e^{-\sigma t} \sin(\omega t + \beta) \quad (1.14)$$

A və β sabitlərdir.

Əgər $t=0$ olarsa, onda $\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = 0$, yəni

$$0 = kx + A \sin \beta, \quad A = -\frac{kx}{\sin \beta},$$

$$\frac{dy}{dt} = -\sigma A e^{-\sigma t} \sin(\omega t + \beta) + \omega A e^{-\sigma t} \cos(\omega t + \beta),$$

$$0 = -\sigma A \sin \beta + \omega A \cos \beta,$$

$$\sigma \sin \beta = \omega \cos \beta,$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \frac{\omega}{\sigma}, \quad \beta = \operatorname{arctg} \frac{\omega}{\sigma}.$$

Bunlardan A və β -ni təyin edirik.

Əgər köklər xalis xəyali köklər olarsa, yəni

$$p_1 = j\omega, \quad p_2 = -j\omega, \quad \text{onda}$$

$$C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} = C_1 e^{j\omega t} + C_2 e^{-j\omega t} = C \sin(\omega t + \beta). \quad (2.15)$$

Beləliklə obyektin diferensial tənliyinin tərtib olunması və həlli yerinə yetirildi.

1.7. Texnoloji obyektlərin diferensial tənliklərinin tərtibi

Texnoloji obyektlərin diferensial tənliklərini tərtib etmək üçün obyektə gedən prosesin hansı fiziki qanunlara tabe olduğunu riyazi formada yazmaq lazımdır. Məlumdur ki, obyektə gedən proseslərə təsir edən bütün amilləri nəzərə almaq çox çətindir. Ona görə də proseslərdə baş verən əsas amilləri nəzərə almaq mümkündür. Bəzi proseslər üçün əsas parametrlərin dəyişmə qanunlarını aşağıdakı kimi yazaq:

1. Çənlərdə səviyyənin dəyişmə qanunu aşağıdakı kimi yazılır:

$$F \frac{dh}{dt} = Q, \quad (1.16)$$

burada F -çənin en kəşik sahəsi, h -mayenin səviyyəsi, Q -isə ümumi həcmi sərfədir, yəni çənə daxil olan və ondan xaric olan mayələr fərqi.

2.Hər hansı qabda təzyiği tənzim edərkən, onun dəyişmə qanunu belə yazılır:

$$\frac{V}{RT} \frac{dP}{dt} = G, \quad (1.17)$$

burada V -qabın həcmi, P -qazın təzyiği, R -qaz sabiti, T -mütləq temperatur, G -qaba daxil olan və ondan xaric olan qaz miqdarın fərqi.

3.İrəliləmə hərəkəti üçün hərəkət sürətinin dəyişmə qanunu belə yazılır:

$$m \frac{dv}{dt} = P, \quad (1.18)$$

burada m -kütlə, v -hərəkət sürəti, P -təsiredici qüvvələrdir.

4. Qızdırıcı qurğuda temperaturun dəyişmə qanunu aşağıdakı kimi yazılır:

$$GC \frac{d\theta}{dt} = Q, \quad (1.19)$$

burada G -qızdırılan maddənin çəkisi, C -qızdırılan maddənin xüsusi istilik tutumu, θ -tənzim olunan temperatur, Q -obyektə verilən və ondan xaric olunan istiliklərin fərqi.

5.Fırlanma hərəkəti üçün bucaq sürətinin dəyişmə qanunu aşağıdakı kimi yazılır:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M \quad , \quad (1.20)$$

burada J-ətalət momenti, ω - bucaq sürəti, M-maşının valına təsir edən ümumi momentdir.

Göründüyü kimi belə misallardan çox yazmaq olar.

Texnoloji obyektlərdə gedən proseslərin gedişini ümumi formada riyazi şəkildə belə yazmaq olar:

$$L \frac{dH}{dt} = B \quad . \quad (1.21)$$

Bu tənliyə daxil olan ayrı-ayrı kəmiyyətləri nəzərdən keçirdikdə, görürük ki, H- ayrı-ayrı hallarda proseslərin gedişini xarakterizə edən parametrdir. Belə ki, (1.16) tənliyində h-ı, (1.17) tənliyində P-ni, (1.18) tənliyində v-ni, (1.19) tənliyində θ -nı, (1.20) tənliyində isə ω -nı xarakterizə edir.

$F, \frac{V}{RT}, t, GC$ və J kəmiyyətləri (1.21) tənliyində L ilə işarə olunur. Tənlikdə göstərilmiş B kəmiyyəti obyektə daxil olan və ondan xaric olan maddə və ya enerji miqdarlarını göstərir. Yuxarıda qeyd olunan tənliklərdə olan Q, G, P və M ümumi formada B -ilə işarə olunur.

Tutaq ki, parametrin qiymətini sabit saxlamaq tələb olunur. Bunun üçün obyektə daxil olan və ondan xaric olan maddə və ya

enerji miqdarı B bir-birinə bərabər olmalıdır. Deməli H kəmiyyətinin sabit qalması üçün, yəni $H=\text{const}$ olması üçün

$$B=Q_d-Q_x=0 \quad (1.22)$$

burada Q_d və Q_x -obyektə daxil olan və ondan xaric olan enerji və ya maddə miqdarlarıdır.

Onda (1.22) tənliyini belə yazmaq olar:

$$L \frac{dH}{dt} = Q_d - Q_x. \quad (1.23)$$

Qərarlaşmış rejim olması üçün $H=H_0=\text{const}$, $B_0 = Q_{d_0} - Q_{x_0} = 0$ və ya $Q_{d_0} = Q_{x_0}$ olmalıdır.

Fərz edək ki, hər hansı bir səbəbdən obyektə müvazinət pozulmuş və Q_d ΔQ_d qədər, Q_x isə ΔQ_x qədər artmışdır, yəni,

$Q_d = Q_{d_0} + \Delta Q_d$, $Q_x = Q_{x_0} + \Delta Q_x$ olmuşdur. Bunun nəticəsində aparatda səviyyə artmış və $h=h_0+\Delta h$ olmuşdur.

Tutaq ki, aparatda səviyyəni tənzim etmək üçün giriş klapanına təsir edərək onun açılma dərəcəsi olan x -i dəyişdiririk.

Onda $x=x_0+\Delta x$ olacaqdır. Beləliklə obyektə daxil olan maye miqdarı klapanın vəziyyətindən və aparatdakı maye səviyyəsindən asılı olacaqdır. Aparatdan xaric olan maye miqdarının isə, səviyyədən asılı olduğunu qəbul etsək, onda $Q_d = f_1(h,x)$ və $Q_x = f_2(h)$ olacaqdır.

Bu funksiyalar adətən qeyri-xətti funksiyalardır. Bu funksiyaları (1.21) tənliyində yerinə qoyduqda yenidən qeyri-xətti

tənliklər alınacaqdır ki, bunların da həlli və təhlili böyük çətinliklərlə əlaqədar olacaqdır. Ona görə də həmin qeyri-xətti tənlikləri xəttləşdirərək məsələnin həlli asanlaşdıracaqdır. Tənlikləri xəttləşdirmək üçün Teylor sırasından istifadə olunur. Məlum olduğu kimi hər hansı $F(x)$ funksiyasını $x=x_0$ nöqtəsində Teylor sırasına ayırmaq olar, yəni

$$F_0 + \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_{x=x_0} \Delta x + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}\right)_{x=x_0} \frac{\Delta x^2}{2!} + \dots \quad (1.24)$$

Mötərizələrin indeksləri, xəttləşdirmənin nəzərdən keçirilən $x=x_0$ rejimi ətrafında aparıldığını göstərir. İkinci dərəcədən yuxarı artımların, kiçik olduğunu nəzərə alaraq, $Q_d=f_1(h,x)$ və $Q_x=f_2(h)$ ifadələrini sıraya ayırmaqla Q_d və Q_x üçün aşağıdakıları alırıq:

$$\left. \begin{aligned} Q_d &= Q_{d_0} + \left(\frac{\partial Q_d}{\partial h}\right)_{h=h_0, x=x_0} \Delta h + \left(\frac{\partial Q_d}{\partial x}\right)_{h=h_0, x=x_0} \Delta x \\ Q_x &= Q_{x_0} + \left(\frac{\partial Q_x}{\partial h}\right)_{h=h_0} \Delta h. \end{aligned} \right\} \quad (1.25)$$

Bu ifadələrdə Δh və Δx qərarlaşmış rejimdə h_0 və x_0 -dan etibarən olan artımlardır. Q_d və Q_x -in qiymətlərini (1.24) tənliyində yerinə yazsaq,

$$\begin{aligned} L \frac{\partial h}{\partial t} &= Q_{d_0} + \left(\frac{\partial Q_d}{\partial h}\right)_{h=h_0, x=x_0} \Delta h + \left(\frac{\partial Q_d}{\partial x}\right)_{h=h_0, x=x_0} \Delta x - \\ &- Q_{x_0} - \left(\frac{\partial Q_x}{\partial h}\right)_{h=h_0} \Delta h, \end{aligned}$$

alırıq. $Q_d - Q_x = 0$ olduğunu nəzərə alsaq, onda yazarıq ki,

$$L \frac{\partial h}{\partial t} + \left[\left(\frac{\partial Q_x}{\partial h} \right)_{h=h_0} - \left(\frac{\partial Q_d}{\partial x} \right)_{x=x_0} \right] = \quad (1.26)$$

$$= \left(\frac{\partial Q_d}{\partial x} \right)_{x=x_0} \Delta x$$

Bu tənlik tənzimləyici orqanın vəziyyətindən asılı olaraq tənzim parametrinin zamana görə necə dəyişdiyini bildirir. (1.26) tənliyini ölçüsüz koordinatlarda yazmaq daha əlverişlidir. Bunun üçün artımların mütləq qiymətlərini hər hansı bazis kəmiyyətinə bölmək lazımdır. Adətən, bazis kəmiyyətləri parametrlərin ya nominal, ya da nəzərdən keçirilən rejimdəki qiymətləri qəbul edilir. Məsələn, h üçün h_0 və x üçün x_0 qiymətlərini qəbul edirik, yəni:

$$\varphi = \frac{\Delta h}{h_0} \quad , \quad \mu = \frac{\Delta x}{x_0} \quad . \quad (1.27)$$

Digər tərəfdən $dh=d(h_0+\Delta h)=d\Delta h$ olduğunu nəzərə alsaq, (1.26) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$L h_0 \frac{\partial \phi}{\partial t} + h_0 \left[\left(\frac{\partial Q_x}{\partial h} \right)_{h=h_0} - \left(\frac{\partial Q_d}{\partial h} \right)_{h=h_0} \right] \phi = \left(\frac{\partial Q_d}{\partial x} \right)_{x=x_0} x_0 \mu$$

və ya

$$T_c \frac{d\phi}{dt} + \delta\phi = \mu \quad (1.28)$$

burada

$$T_c = \frac{Lh_0}{\left(\frac{\partial Q_d}{\partial x}\right)_{h=h_0, x=x_0}}$$

$$\delta = \frac{h_0 \left[\left(\frac{\partial Q_x}{\partial x}\right)_{h=h_0} \left(\frac{\partial Q_d}{\partial h}\right)_{h=h_0, x=x_0} \right]}{\left(\frac{\partial Q_d}{\partial x}\right)_{h=h_0, x=x_0}}$$

Əksər hallarda (1.29) tənliyini aşağıdakı kimi də yazırlar

$$T \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = k\mu \quad (1.29)$$

burada

$$T = \frac{T_0}{\delta}, \quad k = \frac{1}{\delta}$$

k-obyektin gücləndirmə əmsalı, T-zaman sabitidir.

(1.29) xətti diferensial tənliyinin ümumi həlli bircins tənliyin inteqral φ_1 və xüsusi həll φ_2 ilə təyin edilir, yəni

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \quad \varphi_2 = k\mu, \quad \varphi_1 = Ae^{pt}$$

(1.29) tənliyini operator formasında yazaq:

$$(Tp+1)\varphi = k\mu, \quad p = -\frac{1}{T}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = k\mu + Ae^{pt},$$

$$\varphi = k\mu + Ae^{-\frac{t}{T}}$$

$\varphi=0, t=0$ onda $0=k\mu+A, A=-k\mu$ və onda

$$\varphi = k\mu + Ae^{-\frac{t}{T}},$$

$$\varphi = k\mu - k\mu e^{-\frac{t}{T}} = k\mu(1 - e^{-\frac{t}{T}}) .$$

Beləliklə (1.29) tənliyinin həlli aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\varphi = k\mu(1 - e^{-\frac{t}{T}}) . \quad (1.30)$$

1.8. Kimya texnoloji obyektlərin struktur sxemləri

Kimya texnoloji obyektlər quruluşlarına görə müxtəlif olur və mürəkkəbliyi ilə bir-birindən fərqlənirlər. Texnoloji obyektlər bir-birilə əlaqədar olan xeyli sayda elementlərdən ibarətdir. Mürəkkəb obyektləri öyrənərkən onları müxtəlif manqalara bölürlər və həmin manqalardan struktur sxemlər tərtib edilir. Struktur sxemlərin köməyiylə obyektlərin riyazi modellərini tapmaq asanlaşır. Ayırı-ayrı manqaların tənlikləri tərtib edilir və sonra isə həmin tənliklər birləşdirilərək ümumi sistemin tənliyi alınır. Elementar dinamik manqalar diferensial tənliklərlə ifadə olunur və ya ötürmə funksiyaları ilə xarakterizə olunurlar. Struktur sxemlər ardıcıl, paralel və əks əlaqə sxemlərindən ibarətdir.

Bir sıra hallarda obyektləri elementar manqalara ayıranda onları dinamik xüsusiyyətlərinə (keçid prosesinin formasına görə) görə ayırmaq məqsəduyğun sayılır. Hər bir elementar manqada giriş parametrlərinin dəyişməsi müxtəlif qanun üzrə

aparıla bilər və buna uyğun da keçid prosesi müxtəlif olur. Elementar dinamik mənzələrin dinamik xarakteristikalarının təyini girişə pilləvari yaxud impuls siqnallar verməklə təyin edilir.

Elementar dinamik mənzələr uyğun diferensial tənliklərlə və ötürmə funksiyaları ilə xarakterizə olunur. Kimya texnoloji obyektlərinin struktur sxemlərini tərtib etdikdə aşağıdakı elementar mənzələrin xarakteristikalarından istifadə edilir (cə.d.1.1).

Öyrənilən obyektin ümumi ötürmə funksiyası obyektə daxil olan mənzələrin sayından, onların ötürmə funksiyalarından və mənzələrin öz aralarında birləşmə sxemlərindən asılıdır. Struktur sxemlər ardıcıl, paralel və əks əlaqə sxemlərindən ibarətdir.

1.Mənzələrin ardıcıl birləşməsi.

Ötürmə funksiyaları $W_1(p)$, $W_2(p)$, $W_3(p)$, və $W_4(p)$ –dən ibarət olan dörd ardıcıl birləşdirilmiş ümumi mənzələrin ötürmə

funksiyaları aşağıdakı kimi olacaqdır (şək.1.3): $W(p) = \frac{x_5}{x_1}$

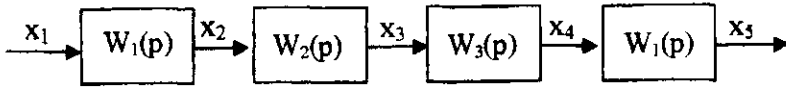
Elementar manqaların xarakteristikaları

Cədvəl 1.1

| Manqa-nın tipi | Tənliyi | Ötürmə funksiyası | Tənliyin həlli | Zaman xarakteristikası | İmpuls xarakteristikası |
|---------------------------------|---|---|--|------------------------|-------------------------|
| Gücləndirici manqa | $y=kx$ x-giriş y-çıxış k-güc. əmsalı | $W(p)=k$ | $Y=k$ | | |
| Birinci dərəcəli ətalətli manqa | $T \frac{dy}{dt} + y = kx$ T-zaman sabiti k-ötür. əms. | $W(p) = k / (Tp + 1)$ | $y = k(1 - e^{-t/T})$ | | |
| İkinci dərəcəli ətalətli manqa | $T_1 T_2 (d^2y/dt^2) + (T_1 + T_2)(dy/dt) + y = kx$, əgər $T_1 \geq 2T_2$ k-ötürmə əms. T_1, T_2 -zaman sab. | $W(p) = k / (T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2)p + 1)$ | $y = k(1 + T_1 / (T_2 - T_1) \cdot e^{-t/T_2} - T_1 / (T_2 - T_1) \cdot e^{-t/T_1})$ | | |
| Xalis gecikmə manqası | $y(t) = x(t - \tau)$ τ -xalis gecikmə vaxtı | $W(p) = e^{-p\tau}$ | $y = l(t - \tau)$ | | |

Digər tərəfdən :

$$x_2 = W_1(p)x_1$$



Şəkil 1.3.

$$x_3 = W_2(p)x_2 ,$$

$$x_4 = W_3(p)x_3 ,$$

$$x_5 = W_4(p)x_4 ,$$

$$x_5 = W_1(p) W_2(p) W_3(p) W_4(p)x_1 .$$

Ümumi sistemin ötürmə funksiyası

$$W(p) = \frac{x_5}{x_1} = W_1(p) W_2(p) W_3(p) W_4(p) \text{ olacaqdır.}$$

n ardıcıl birləşdirilmiş mərhələlərin ötürmə funksiyası isə

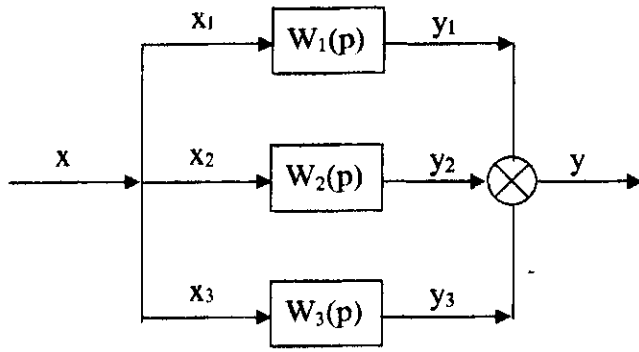
$$W(p) = W_1(p) W_2(p) \dots W_n(p) ,$$

$$W(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p) \quad (1.31)$$

Beləliklə bir istiqamətdə təsir edən mərhələlərin ardıcıl birləşdirilməsindən təşkil olunmuş sistemin ötürmə funksiyası, bu sistemin tərkibində olan mərhələlərin ötürmə funksiyalarının hasilinə bərabərdir.

2. Mərhələlərin paralel birləşdirilməsi.

Tutaq ki, ötürmə funksiyası $W_1(p)$, $W_2(p)$ və $W_3(p)$ olan üç mərhələ paralel birləşdirilir (şəkil 1.4). Belə birləşmədə



Şəkil 1.4 Manqaların paralel birləşməsi

$$x_1 = x_2 = x_3 = x ,$$

$$y = y_1 + y_2 + y_3 \text{ olur.}$$

Digər tərəfdən

$$y_1 = W_1(p)x_1 ,$$

$$y_2 = W_2(p)x_2 ,$$

$$y_3 = W_3(p)x_3 ,$$

$x_1 = x_2 = x_3 = x$ olduğu üçün yazıb bilərik ki,

$$y_1 = W_1(p)x ,$$

$$y_2 = W_2(p)x ,$$

$$y_3 = W_3(p)x .$$

Onda

$$y = y_1 + y_2 + y_3 = W_1(p)x + W_2(p)x + W_3(p)x ,$$

$$y = [W_1(p) + W_2(p) + W_3(p)]x .$$

Ymumi sistemin ötürmə funksiyası

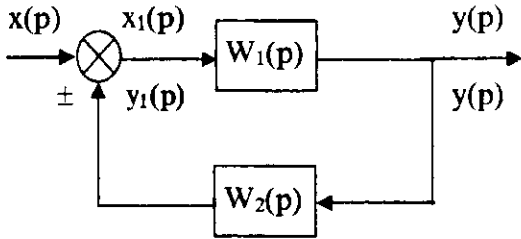
$$W(p) = \frac{y}{x} = W_1(p) + W_2(p) + W_3(p) \quad (1.32)$$

$$W(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

Beləliklə manqaların paralel birləşməsindən təşkil olunmuş sistemin ötürmə funksiyası sistemə daxil olan ayrı-ayrı manqaların ötürmə funksiyalarının cəminə bərabərdir.

3. Əks əlaqə sxemi üzrə manqaların birləşdirilməsi.

Tutaq ki, əks əlaqə sxemi üzrə birləşdirilmiş sxem aşağıdakı kimidir (şək.1.5).



Şəkil 1.5 Əks əlaqə ilə birləşmə

$W_1(p)$, $W_2(p)$ – manqaların ötürmə funksiyalarıdır. $W(p)$ – isə sistemin ümumi ötürmə funksiyasıdır.

Burada

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)}$$

$$y(p) = W(p) x(p) \quad (1.33)$$

$$W_1(p) = \frac{y(p)}{x_1(p)}$$

$$y(p) = W_1(p) x_1(p) \quad (1.34)$$

$$W_2(p) = \frac{y_1(p)}{y(p)}$$

$$y_1(p) = W_2(p)y(p) \quad (1.35)$$

$$x_1(p) = x(p) + y_1(p) \quad (1.36)$$

müsbət əks əlaqə olduqda,

$$x_1(p) = x(p) - y_1(p) \quad (1.37)$$

mənfi əks əlaqə olduqda.

$x_1(p)$ -nin qiymətini (1.35) -də yerinə qoysaq, onda

$$y(p) = W_1(p)[x(p) + y_1(p)] \text{ olar.} \quad (1.38)$$

(1.35) ifadəsində olan $y_1(p)$ -nin qiymətini (1.38)

ifadəsində yerinə qoysaq:

$$y(p) = W_1(p)[x(p) + W_2(p)y(p)] = W_1(p)x(p) +$$

$$+ W_1(p)W_2(p)y(p),$$

$$y(p) - W_1(p)W_2(p)y(p) = W_1(p)x(p),$$

$$y(p)[1 - W_1(p)W_2(p)] = W_1(p)x(p).$$

Müsbət əks əlaqə olduqda

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{W_1(p)}{1 - W_1(p)W_2(p)} \quad (1.39)$$

mənfi əks əlaqə olduqda isə

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)} \text{ olur.} \quad (1.40)$$

Kimya texnologiyasında obyektlərə standart giriş signalları vasitəsilə təsir göstərmək olar (pilləvari $C_{gir}=1(t)$ və ya impuls $C_{gir}=\delta(t)$). Obyektin girişinə standart pilləli signal verdikdə