

Optimaliserende regulering av komplekse prosesser

av

Ivar J. Halvorsen

NTNU Institutt for kjemisk prosesseteknologi

PROST årsmøte
Trondheim 4. mai 2000

Email: Sigurd.Skogestad@chembio.ntnu.no, Ivar.J.Halvorsen@ecy.sintef.no
Web: <http://www.chembio.ntnu.no/users/skoge> <http://www.chembio.ntnu.no/users/ivarh>

NTNU Institutt for kjemisk prosesseteknologi

PROST årsmøte, Trondheim 4. mai 2000

I. Halvorsen



Tema:

Petlyuk Destillasjonskolonner

- Hva er en Petlyuk kolonne ?
- Hvorfor bruke Petlyuk kolonner ?
- Reguleringsproblematikk
- Analytiske metoder for bedre forståelse

Selvoptimaliserende regulering

- Utnytte tilbakekobling, også for optimalisering
- Valg av variable for regulering
- Petlyuk kolonne som case

Bruk av dataverktøy

- Litt om erfaringer fra Matlab, Maple og Hysys

NTNU Institutt for kjemisk prosesseteknologi

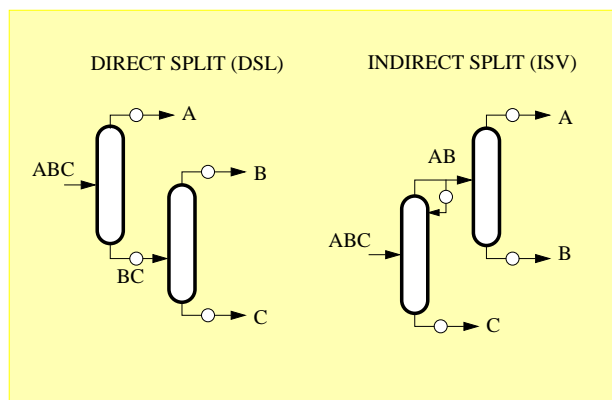
PROST årsmøte, Trondheim 4. mai 2000

I. Halvorsen



Hva er en Petlyuk kolonne og hvorfor bruke en ?

Konvensjonelle konfigurasjoner for 3-komponent separasjon:



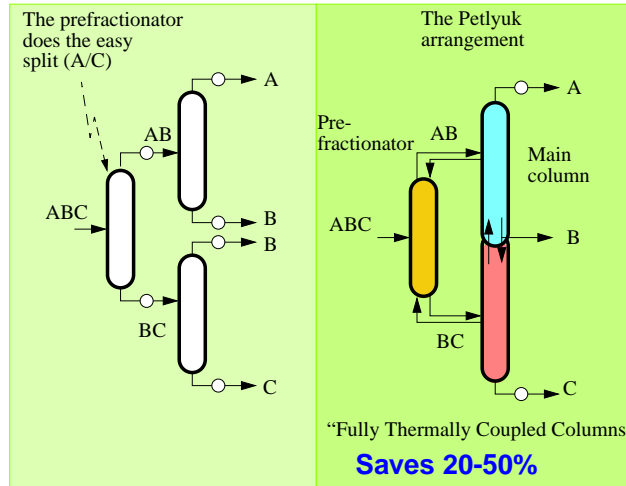
NTNU Institutt for kjemisk prosesseteknologi

PROST årsmøte, Trondheim 4. mai 2000

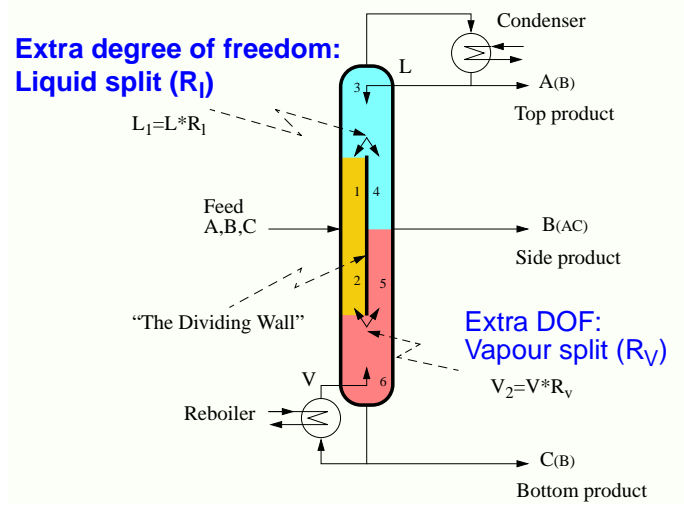
I. Halvorsen



Prefraksjonator arrangement:



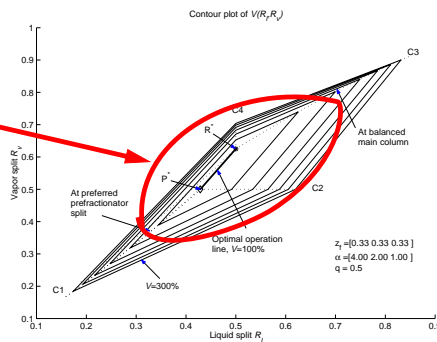
“Petlyuk” in a single shell: The Dividing Wall Column:



Reguleringsproblematikk:

Dampstrøm (V) som funksjon av (R_L, R_V):

Energiforbruk øker raskt når R_L, R_V ikke settes til den optimale løsningen



Optimal drift fordrer at de ekstra frihetsgradene (R_L or R_V) settes nøyaktig.

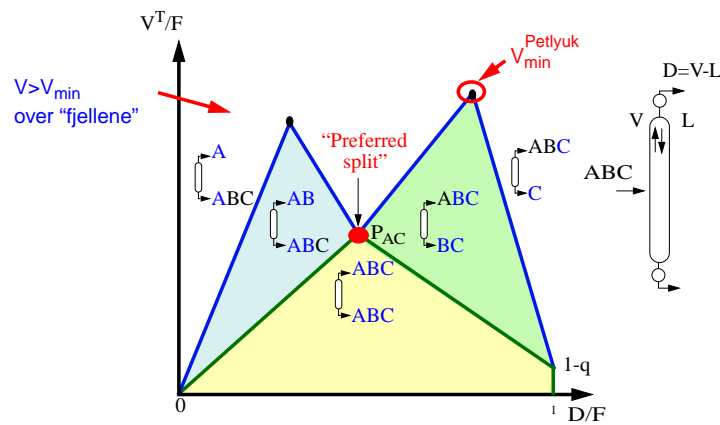
Petlyuk kolonna krever on-line justering av ekstra frihetsgrader

Analytiske metoder for bedre forståelse:

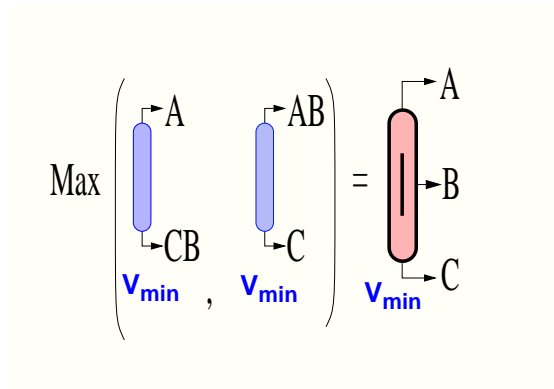
- Minimum energi-beregninger for ideelle blandinger
- Eksakte analytiske uttrykk, basert på Underwoods ligninger
- Enkle beregninger i Matlab
- Kan finne optimal løsning for generell multikomponent føde
- Kan forklare oppførsel til optimal løsning ved forstyrrelser
- Kan forklare symptomer på ikke optimal drift



Visualisering av V_{min} for 3-komponent føde (ABC)



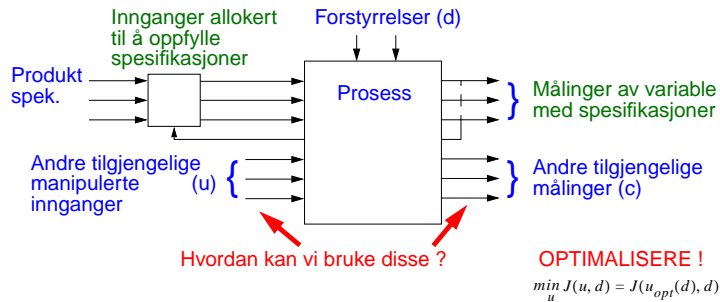
Eksempel på resultat: V_{min} for Petlyuk kolonna:



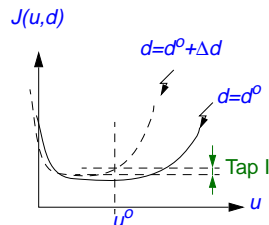
Selvoptimaliserende regulering (Self-Optimizing control)

Grunnleggende spørsmål: Hvilke variable skal vi regulere og hvorfor?

Anta vi har flere mulige manipulerede variable enn produktspesifikasjoner.



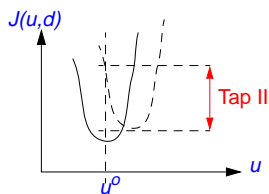
To typiske situasjoner når det skjer forstyrrelser, og $u = \text{konstant}$?



d : Forstyrrelser og settpunkter i andre lukkede sløyfer

I) Triviell case:

Flatt optimum,
kan beholde $u = \text{konstant}$



II) Vanskelig case:

On-line optimalisering
nødvendig

Spørsmål:
Kan vi forandre **CASE II**
til å bli en triviell **CASE I** ?



Mulig svar: Selvoptimaliserende regulering:

Velg variable (c) som når de reguleres til settpunkter (c_s) også fører til at driften holdes nær optimum.

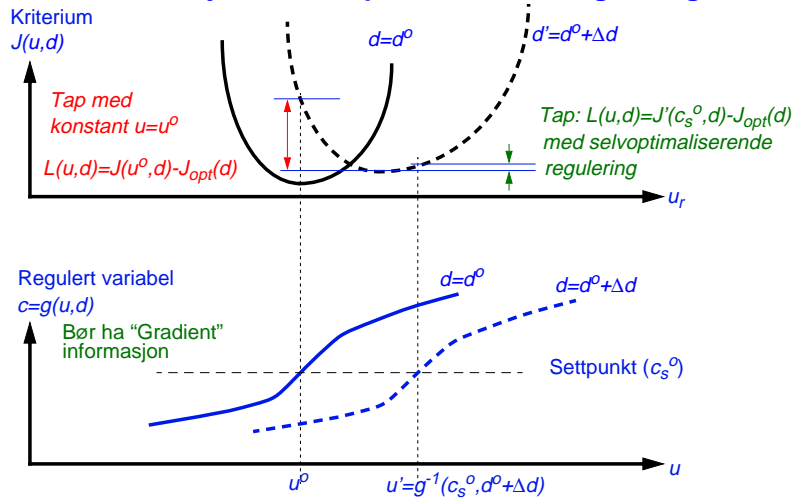
- Dette er et regulator strukturproblem (dvs å velge variable å regulere)
- Settpunktene ($c_s = g(u, d)$) erstatter de manipulerede inngangene (u) som resterende frihetsgrader.
- Konverterer $J(u, d)$ til $J_c(c_s, d)$ eller bare $J_c(d')$ (hvor $d' = [d, c_s]$)

Variabelen (c) bør ha følgende egenskaper:

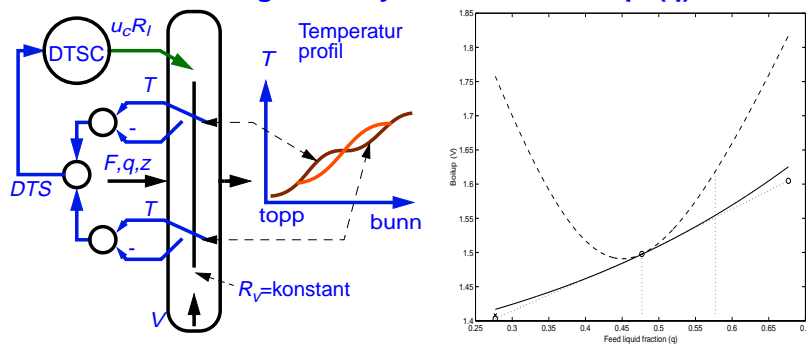
- Optimal verdi på c_s bør være ufølsom for forstyrrelser (flat $J_c(d')$, som case I)
- Ikke minimum eller maximum i optimum (umulig å regulere med et settpunkt)
- Lett å avlede fra målinger (praktisk og økonomisk)
- Lett å regulere (gode reguleringssegenskaper)



Illustrasjon av selvoptimaliserende regulering



Eksempel på selvoptimaliserende regulering: Vi bruker $u=R_f$ for å holde DTS konstant. Evaluering av forstyrrelse i føde-entalpi (q)



- Uten regulering: $V(R_f^0, R_v^0, q)$ (R_f, R_v konstant) (Dashed)
- Selvoptimaliserende regulering: $V(DTS^0, R_v^0, q)$ ($u=R_f$, DTS konstant) (solid)
- Optimal løsning $V_{opt}(q)$, (R_f, R_v optimalisert for hver q) (dotted)



Data verktøy

Matlab (90%)

- Mest brukt: basis matlab+Simulink og Optimization toolbox
- Enkelt å programmere egne funksjoner
Full kontroll med alle beregninger
Bra for prototyping og eksperimentering

Maple (5%)

- For symbolsk manipulering av matematiske uttrykk
- Brukt for å verifisere analytiske beregninger, og i noen grad for å komme på sporet av analytiske løsninger.

Hysys (5%)

- For statisk (og dynamisk) prosess-simulering.
- Brukt for delvis å verifisere egne modeller i matlab, og for å kontrollere resultater mot testcase med full termodynamikk

