



# LUND UNIVERSITY

## Kontroll-Kalle styr fabriken (utökad version)

Berner, Josefin

2017

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Berner, J. (2017). Kontroll-Kalle styr fabriken (utökad version). Opublicerad. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund University.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00



# Kontroll-Kalle styr fabriken

*Josefin Berner, Institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska Högskola.*

***En berättelse som beskriver nyttan av forskning på automatiska inställningsmetoder för parametrarna i PID-regulatorer.\****

---

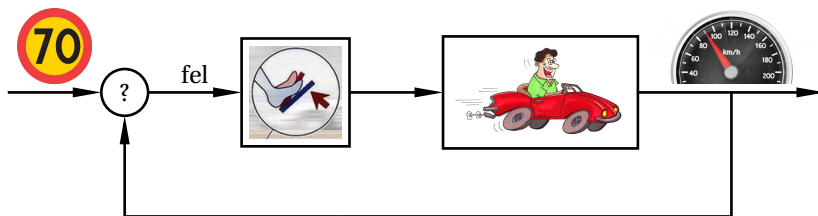
---

\*Kapitel 1 av denna berättelse skrevs i oktober 2015 som en populärvetenskaplig sammanfattning av licentiatuppsatsen *Automatic Tuning of PID Controllers based on Asymmetric Relay Feedback*. Kapitel 2 skrevs i oktober 2017 som en sammanfattning på det som tillkommit till doktorsavhandlingen *Automatic Controller Tuning using Relay-based Model Identification*. Båda avhandlingarna kan laddas ner från [www.control.lth.se/publications](http://www.control.lth.se/publications).



# 1

Kontroll-Kalle sitter i bilen på väg mot sitt nya jobb. Han ska vara reglertekniker på en fabrik. Kalle ser fram emot att börja jobba. Reglerteknik är ju inte så svårt tänker Kalle. Det handlar bara om att styra saker. Som nu när jag sitter i den här bilen. Då styr jag åt vilket håll bilen åker genom att vrida på ratten. Och jag styr hur fort bilen åker genom att trampa på gaspedalen. Om jag kör för långsamt så ser jag det på hastighetsmätaren och då kan jag trycka ner gaspedalen lite till. Om jag kör för fort får jag istället trampa lite mindre på pedalen. Det är det som är reglerteknik. Det här jobbet kan vem som helst klara.



När Kalle kommer fram till fabriken står chefen där för att visa honom vad han ska göra. Chefen heter Bestämmar-Berit och hälsar vänligt på Kalle.

– Din uppgift är att se till att värmen i ugnen alltid är mellan 400-450 grader, att vattnet som pumpas runt aldrig är mer än 20 grader, att den här tanken aldrig svämmar över och att lufttrycket i det här röret...

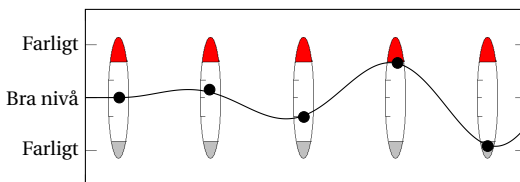
Kalle börjar bli orolig, Bestämmar-Berit radar upp sak på sak som måste kontrolleras. Hur ska han hinna hålla koll på allt det där? Efter rundvandringen får han en lista på allt som måste styras, det är över hundra olika saker. Kalle börjar springa runt i fabriken. Han mäter temperaturer, öppnar och stänger ventiler, sänker värmen på ugnen, höjer värmen på ugnen. Lagom till lunchrasten är han helt utmattad och uppgiven. Han inser att han inte kommer klara att styra allting själv. Då kommer han på att han hört talas om en apparat som kallas PID-regulator.

## PID-regulator

PID-regulatorn är den vanligaste regulatorsorten. Den används i ungefär 90 procent av alla system som styrs i industrin. En PID-regulator består av tre olika delar. Den första delen tittar på vad felet är just nu. Den andra delen tittar på vad felet har varit innan. Den tredje delen tittar på åt vilket håll felet är på väg. Varje del har en siffra som säger hur mycket man ska bry sig om just den delen i förhållande till de andra. Det är de siffrorna som är de tre parametrarna i en PID-regulator.

Han går till Bestämmar-Berit och frågar om de kan köpa in några PID-regulatorer som kan hjälpa honom styra alla sakerna i fabriken. Bestämmar-Berit tycker att det låter som en bra idé och lovar att de ska finnas där imorgon.

Nästa dag när Kalle kommer till jobbet börjar han koppla in de nya PID-regulatorerna. Han ser att de har tre parametrar man ska fylla i. Undra vilka siffror som ska stå där tänker Kalle och bestämmer sig för att låta siffrorna vara som de är. Den första regulatorn han kopplar in fungerar jättebra. Den får temperaturen att hålla sig precis där den ska, även om vaktmästaren Snurrige-Sture öppnar fönstret och släpper in den kyliga höstluften. Det här går ju utmärkt, tänker Kalle och fortsätter till nästa sak som ska styras. Där går det inte alls lika bra, det tar jättelång tid för trycket att hamna på rätt nivå. Konstigt, tänker Kalle, jag har ju precis samma siffror som jag hade på förra och där gick det ju bra. I nästa system börjar allt att svänga när Kalle kopplar in regulatorn, det svänger mer och mer och Kalle måste koppla ur regulatorn igen innan något går sönder. Samtidigt ropar Snurrige-Sture på Kalle. Han har råkat ändra på en av siffrorna på den förra regulatorn och nu styr den mycket snabbare och bättre. Kalle blir glad, men inser att det inte är så enkelt som han trodde att koppla in alla regulatorerna. Det verkar vara så att olika system behöver olika värden på de där siffrorna i regulatorn.

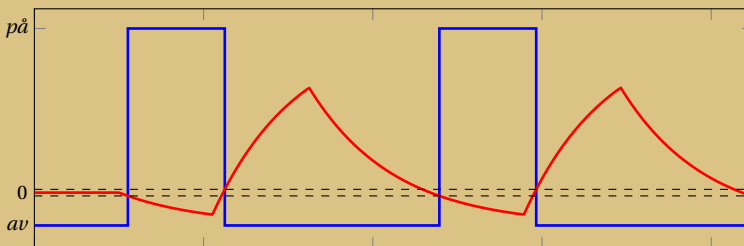


Kalle känner sig uppgiven igen, hur ska han kunna veta vilka siffror det ska vara till de olika processerna? Han kan ju inte lita på att Snurrige-Sture ska ha tur varje gång. Kalle söker lite på internet och hittar flera olika regler för hur man ska ställa in parametrarna. Men alla reglerna han hittar kräver att man har en modell som beskriver processen. Kalle har ingen aning om hur formlerna ser ut

för de olika processerna han ska styra. Det måste finnas något annat sätt, alla fabriker kan väl inte ha en expert på reglerteknik som vet exakt hur de där värdena ska ställas in? Kalle letar runt lite till och hittar något om en automatisk inställningsmetod för siffrorna i regulatorn. Perfekt, tänker Kalle. Det står att vissa PID-regulatorer har en knapp man kan trycka på som fixar allt det där åt en. Den använder någonting som kallas reläåterkoppling för att få fram en modell för processen. Modellen används sedan för att räkna ut regulatorparametrarna från de där börlerna Kalle hittade innan.

### Reläåterkoppling

En reläfunktion kan ta två olika värden. Det ena värdet kallas *på*, det andra värdet kallas *av*. Genom att slå på reläet varje gång det man mäter är under en viss nivå, och sedan slå av reläet igen när mätsignalen är över en viss nivå, får man systemet att börja svänga.



Svängningarna kommer se olika ut beroende på vilket system det är man kör experimentet på. Från svängningarna kan viktig information om systemet plockas ut. Den informationen används för att ställa in parametrarna i regulatorn så att de passar bra för just det systemet.

Kalle tittar på PID-regulatorn och ser att den har en knapp som heter AUTO. Han testar att trycka på den. Systemet börjar svänga litegrann. Ganska snart slutar det svänga och det kommer upp siffror på skärmen. Det är de nya parametrarna. Nu fungerar det plötsligt som det ska, Kalle kan ha igång regulatorn utan att det börjar svänga så mycket att det går sönder. Istället lägger det sig still på det värdet det skulle. Kalle går runt och trycker på AUTO-knappen på alla regulatorerna. Sedan går han runt och kontrollerar att allt betar sig som det ska. Nu behöver han inte springa runt längre, utan kan gå i lugn takt och bara kolla att inget konstigt har hänt någonstans. Han hinner till och med ta med sig Snurrige-Sture och gå och ta en kopp kaffe med Bestämmar-Berit som är nöjd över hans fina arbete.

### Forskningsprojekt om automatinställning

Vår forskning går ut på att designa det som händer mellan att Kalle trycker på AUTO och att de nya parametrarna kommer fram. Automatinställning med hjälp av reläåterkoppling har använts i industrin sedan 80-talet, men mycket har hänt sedan dess och därför arbetar vi nu fram en bättre version som bygger på samma grundidé. Vår version använder ett relä där *av-* och *på-*värdena inte är lika stora. Det gör att vi kan få ut mer information och därmed bättre modeller än tidigare, utan att experimentet blir krångligare eller tar längre tid. Precis som Kalle upptäcker kan inte alla system styras likadant. Vissa system kräver bättre modeller än andra för regulatorinställningen. Vi har upptäckt att vårt experiment ger oss möjligheten att klassificera systemen i ett tidigt skede. Med hjälp av klassificeringen kan vi automatiskt ta fram den sortens modell och regulator som behövs för att styra just det systemet på ett bra sätt. Automatinställaren har testats i simuleringar och i ett riktigt industrisystem med lovande resultat. Vi hoppas att den snart ska vara helt färdig, så att Kalle och alla andra bara ska behöva trycka på AUTO-knappen.

# 2

En vanlig tisdag när Kontroll-Kalle kommer till jobbet strax före lunch möts han av en lapp på sitt skrivbord från Bestämmar-Berit. "Vi har fått en ny superviktig maskin, kan du fixa en regulator till den? Jag är borta resten av dagen men Sture har fått instruktioner. // B-B". Kontroll-Kalle går bort till Snurrige-Sture som sitter och bygger lite lego på sitt skrivbord.

– Vet du vad det är för ny maskin Bestämmar-Berit pratar om?

– Ja det är en stor grå sak som står där nere, jag kan visa dig!

Snurrige-Sture reser sig snabbt upp och råkar nästan välta ut hela lådan med legobitar i sin iver att få visa Kalle maskinen. Det är en stor metalltank med två stora rör som går in i den ovanifrån och ett stort rör som går ut ur botten.

– Vad gör den här för något? undrar Kalle.

– Det rinner in två olika grejer i de där rören där uppe, och sedan händer det något kemimagiskt inne i tanken och ut rinner en ny grej där nere, svarar Sture.

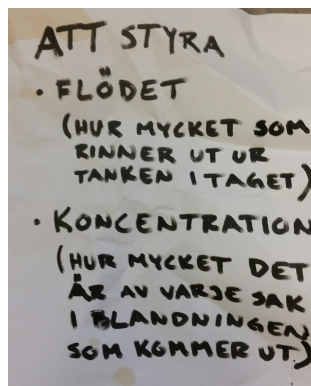
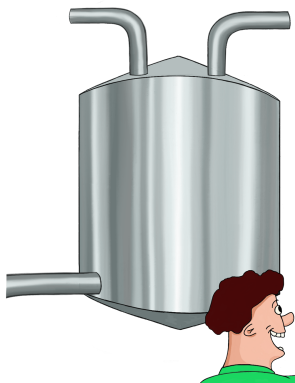
– Kemimagiskt? Du menar kemikaliskt?

– Kemikaliskt eller kemimagiskt, jag vet inte. För mig känns det mesta lite magiskt!

– Hehe ja det förstås, svarar Kontroll-Kalle småskrattandes, men vet du vad det är Bestämmar-Berit vill att vi ska reglera för maskinen?

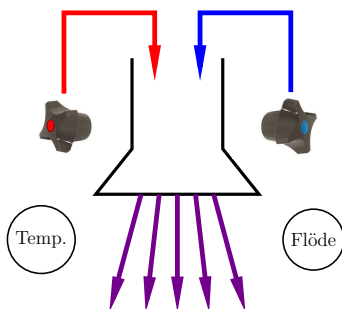
– Ja, vänta lite, jag skrev ner det på någon lapp här, säger Sture och letar i byxfickorna.

– Här!





Kontroll-Kalle tittar noga på maskinen och ser att det finns en ventil på varje rör som går in i tanken där man kan bestämma hur mycket som ska rinna in av varje. Så jag har alltså två saker att styra och två saker jag kan ändra. Det känns lite krångligare än vanligt, då brukar det ju bara vara en sak i taget. Det här är lite som i en gammal dusch jag hade en gång där det var två kranar, en med iskallt vatten och en med supervarmt och så måste man lyckas vrida på båda lagom mycket så att det både blir lagom stark vattenstråle och lagom varmt så att man inte bränner sig eller fryser.



Kontroll-Kalle klurar på hur han ska göra, men kommer inte på något bra. Han vet inte ens hur han ska koppla in regulatorerna. Vilken signal ska han styra med vilken? De hänger ju ihop allihopa! Efter en stund känner han att det nog är bäst att ta en paus och går och letar reda på Snurrige-Sture igen för att ta en kopp kaffe.

Snurrige-Sture är i full färd med att koppla in en annan maskin, som ska se till att vätskan som kommer i det ena av rören är lagom varm. Det är en vanlig process med en sak man kan ändra och en sak som ska ligga rätt. Temperaturen är fortfarande på väg upp till det värde den ska ha när Sture trycker på AUTO-knappen för att ställa in regulatorn.

– Nej men Sture, du måste ju vänta tills signalen ligger still innan du trycker på knappen. Vi har ju pratat om det där! Det blir inte bra annars, jag får alltid komma och göra om experimenten igen när du inte väntat tillräckligt länge.

– Jag vet, svarar Snurrige-Sture skamset, men den ökar ju bara lite och det är så himla tråkigt att vänta. Kan man inte bara fixa så att det går att trycka på knappen tidigare.

– Nej, det funkar inte så. Låt den vara nu så går vi och fikar, så kan du trycka på knappen när vi kommer tillbaka istället.

Kontroll-Kalle tar med sig Snurrige-Sture och går till fikarummet. På vägen dit känner sig Kalle lite elak. Han hade ju inte behövt skälla på Sture, han tycker ju också att det är jobbigt att behöva vänta. Han säger förlåt till Sture och lovar att leta runt lite på internet för att se om det inte finns något bättre sätt att fixa det där på.

När Kontroll-Kalle letar runt får han plötsligt syn på en sida som heter "Expert-Ebbas automatinställare". Skoj, tänker Kalle, den där sidan har jag inte sett innan och Expert-Ebba verkar bo nära här, jag ringer och frågar om hon vet något bra sätt att lösa det här på.

– Du har kommit till Expert-Ebba, hur kan jag hjälpa dig?

– Hej, det här är Kontroll-Kalle på Bestämmar-Berits fabrik. Jo det är såhär att vi har massa PID-regulatorer som vi ställer in genom att trycka på en knapp. Men vi har märkt att det är viktigt att man väntar tills allt är helt still innan man trycker på knappen för att starta, och vi är för otåliga för att vänta. Finns det något sätt att lösa det på?

– Jadå, svarar Ebba, jag har en ny variant av automatinställaren där det räcker med att man ligger nästan still när man börjar experimentet, sedan sköter programmet om resten. Det finns dock en nackdel, den nya varianten behöver räkna lite mer och därför ha en bättre dator i sig. Fast det är ju inget problem längre nu när datorerna är så små och snabba. Annat var det på den gamla goda tiden, då gällde det att vara sparsam med vareda beräkning!

– Du låter för ung för att ha varit med på den gamla goda tiden.

– Haha ja, det är sant. Men historia är roligt!

Expert-Ebba berättar mer om sin nya automatinställare för Kontroll-Kalle och förklarar även att programmet än så länge bara finns i hennes dator, och inte är inbyggt i PID-regulatorerna de har på fabriken än, men att hon kan komma förbi direkt och testköra från datorn.

#### Expert-Ebbas Automatinställare

I Ebbas automatinställare används informationen från relä-experimentet för att få fram lite bättre modeller än i automatinställaren Kontroll-Kalle redan hade. Modellerna plockas fram genom något som kallas *optimering* som ungefär betyder att datorprogrammet testat massa olika förslag på modeller på ett smart sätt och sedan väljer ut den bästa. På samma sätt använder den optimering för att ta fram de bästa parametrarna till PID-regulatorn för just den modellen. På det sättet kan man lyckas reglera processerna ännu bättre än förut, bra va! Dessutom är experimentet snabbare än i den gamla automatinställaren, reläet behöver bara slå på-av-på och sedan är det klart. I den förra var den tvungen att svänga fram och tillbaka lite fler gånger, tills svängningarna såg likadana ut. Anledningen till det är att den förra bara var intresserad av vissa saker från experimentet och därför var tvungen att vänta på dem, medan Ebbas variant använder allt från experimentet och får då reda på tillräckligt mycket utan att behöva köra experimentet så länge.

Kontroll-Kalle tycker att det låter alldeles utmärkt och tackar Expert-Ebba. Tjugo minuter senare är Ebba på plats och kopplar in sin dator till processen Snurrige-Sture försökte ställa in före fikat. Efter att reläet har slätt på-av-på är experimentet redan klart och datorn räknar ut de nya parametrarna.

- Sådär, säger Expert-Ebba, nu är det färdigt.
- Det verkar ju fungera hur bra som helst, säger Kontroll-Kalle nöjt. På vägen ut igen går de förbi den nya maskinen.
- Oj, den där ser ny ut, säger Expert-Ebba.

- Ja, svarar Kontroll-Kalle, den kom innan idag. Men jag vet inte alls hur jag ska reglera den. Du förstår, det är en sådan där process där flera saker kan ändras och påverkar flera olika signaler. Min bästa idé hittills är att låtsas som att det är två olika processer och göra som vanligt, men jag vet inte om det kommer fungera riktigt.

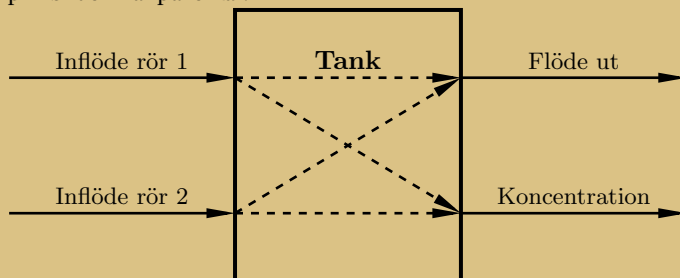
Kontroll-Kalle låter ganska uppgiven. Expert-Ebba däremot strålar som en sol.

- Åh, får jag testa? Jag tror inte heller att det kommer fungera så bra att låtsas som att det är två olika vanliga processer, inte om de påverkar varandra mycket. Så därför har jag gjort en utökad variant av den automatinställaren vi precis körde, fast som fungerar på sådana här ihopkopplade maskiner istället.

- Finns det sådana? Kontroll-Kalle låter förvånad men glad.
- Det hade verkligen löst mina problem!

### Automatinställaren för ihopkopplade processer

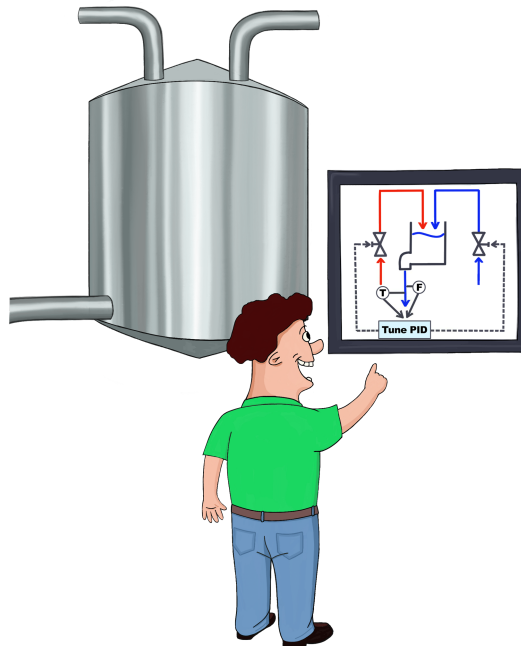
För den ihopkopplade processen startas två relä-experiment samtidigt. På det sättet får programmet reda på hur båda signalerna till rören in i tanken påverkar de båda sakerna man vill kontrollera ut ur tanken. Den använder liknande experiment och optimering som i Ebbas vanliga automatinställare, men får fram modeller för varje koppling. Så för tanken får den en modell för hur varje streckad pil i bilden här påverkar.



Automatinställaren får sedan fram parametrar till en ihopkopplad PID-regulator som vet om alla fyra modellerna och hittar parametrar som gör att de ska fungera bra att köra ihop.

Kontroll-Kalle och Snurrige-Sture lyckas med gemensamma krafter koppla in den nya maskinen och sätta igång den, medan Expert-Ebba letar rätt på sitt datorprogram för processer med flera signaler.

- Vill du trycka på knappen Kalle? undrar Ebba när allt är inkopplat och klart.



Det vill Kontroll-Kalle gärna, och tillsammans med Ebba och Sture står han sedan och tittar på när experimentet körs och parametrarna räknas ut. När de har tittat på regleringen en stund och ser att allt fungerar som det ska kommer plötsligt Bestämmer-Berit in.

– Jag trodde att du skulle vara ledig idag, säger Kontroll-Kalle förvånad.

– Det var jag också, svarar Bestämmer-Berit, men så var jag nyfiken på hur det hade gått för er med den nya maskinen.

– Det har gått kanonbra! Tack vare att Snurrige-Sture var så otålig hade vi tur och hittade en riktig expert, säger Kontroll-Kalle och presenterar Ebba för Bestämmer-Berit.

– På tal om Snurrige-Sture, var är han någonstans? frågar Berit.

– Ja du, jag vet inte, han var här nyss, säger Kalle och tittar sig omkring.

Samtidigt hörs ljudet av tusentals legobitar som ramlar ut på golvet.

– Tyvärr är ju inte människor lika enkla att reglera som maskiner, säger Expert-Ebba.

– Och tur är väl det, svarar Bestämmer-Berit med ett leende bort mot Sture som står på alla fyra under sitt skrivbord och plockar bitar.

– Kom så går vi och hjälper honom, säger Kontroll-Kalle.

Och så går de gemensamt bort till Stures skrivbord, medan den nya maskinen på ett kontrollerat sätt utför sin magi.