

CODEN:LUTFD2/(TFRT-5290)/O-081/(1983)

ELEKTRONISKA BROMSSYSTEM
EN LÄMPLIGHETSTEST

OLIVIER DELACOUR

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
FEBRUARI 1983

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL Box 725 S 220 07 Lund 7 Sweden		Document name Report	
		Date of issue February 1983	
		Document number CODEN:LUTFD2/(TFRT-5290)/0-081/(1983)	
Author(s) Olivier Delacour		Supervisor G.Olsson, LTH, S. Stomrud, SAB och K.Edvardsson, SAB	
		Sponsoring organization	
Title and subtitle Electronic Airbrake Systems - A Feasibility study. Elektroniska bromssystem - en lämplighetstest			
Abstract <p>During recent years, the application of electronic devices to road vehicles has grown tremendously. Increased environmental concern and requirements on fuel economy, comfort and safety have created a need for compact and advanced micro-computer technology.</p> <p>A vehicle is a problematic environment for electronic devices due to dust, damp, vibrations, noise and glitches.</p> <p>This report first gives an overview of electronic applications on road vehicles and concentrates later on truck and bus airbrake systems. Dynamic problems like delay, wheel lockning and load compensation are discussed.</p> <p>A model of a feed back brake system that compensates for some of the delay and that can be combined with a load compensating and anti-skid system is derived and simulated.</p>			
Key words			
Classification system and/or index terms (if any)			
Supplementary bibliographical information			
ISSN and key title			ISBN
Language Swedish	Number of pages 81	Recipient's notes	
Security classification			

DOKUMENTDATABLAD RT 3/81

Distribution: The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through the University Library 2, Box 1010, S-221 03 Lund, Sweden, Telex: 33248 lubbis lund.

Inst för Reglerteknik
Tekniska Högskolan i Lund

Examensarbete

ELEKTRONISKA BROMSSYSTEM - EN LÄMPLIGHETSTEST

FÖRFATTARE: OLIVIER DELACOUR

HANDLEDARE: UNIV LEKT GUSTAF OLSSON, LTH
TEKN LIC SVERKER STOMRUD, SAB
CIV ING KJELL EDVARDSSON, SAB

ABSTRACT

During recent years, the application of electronic devices to road vehicles has grown tremendously. Increased environmental concern and requirements on fuel economy, comfort and safety have created a need for compact and advanced microcomputer technology.

A vehicle is a problematic environment for electronic devices due to dust, damp, vibrations, noise and glitches.

This report first gives an overview of electronic applications on road vehicles and concentrates later on truck and bus airbrake systems. Dynamic problems like delay, wheel lockning and load compensation are discussed.

A model of a feed back brake system that compensates for some of the delay and that can be combined with a load compensating and anti-skid system is derived and simulated.

SAMMANFATTNING

Under de senaste åren har tillämpningen av elektronik i fordon ökat betydligt. Ökade krav på driftsekonomi, avgasutsläpp, komfort och säkerhet har skapat ett behov av kompakt och avancerad mikrodatorteknologi.

Ett fordon är en problematisk miljö för elektronik p g a smuts, fukt, elektromagnetiska störningar, vibrationer osv.

Rapporten ger en överblick över elektronik i fordon men koncentrerar sig senare på de pneumatiska bromssystem som finns i lastbilar och bussar. Sådana system har vissa dynamiska problem som fördröjning, hjullåsning och lastkompensering.

En principmodell på ett återkopplat bromssystem som eliminerar en del av fördröjningen och som kan kombineras med lastkompensering och antihjullåsningssystem har här utvecklats och simulerats.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
ABSTRACT	
SAMMANFATTNING	
1. INLEDNING	1
1.1 Syfte och avgränsningar	1
1.2 Rapportens uppläggning	2
2. KLASSIFICERING AV KOMPONENTER I ETT FORDON	4
3. ELEKTRONIKENS TILLÄMPNING OCH MÖJLIGHETER	11
3.1 Allmänna trender	11
3.2 Kraftenhet	16
3.3 Kraftöverföring	19
3.4 Elsystem	20
3.5 Bromssystem	21
3.6 Övriga	21
4. ANALYS AV BROMSSYSTEMET	22
4.1 Problemställning	22
4.2 Dynamiska problem	24
4.3 Kommersiella bromssystem	28
4.4 Potentiella möjligheter med reglering	35
5. ÅTERKOPPLAT BROMSSYSTEM	36
5.1 Principskiss	36
5.2 Modell	38
6. SIMULERING	44
6.1 Blockschema	44
6.2 Flödesschema	46
6.3 Resultat	47
7. SLUTSATSER	63
7.1 Allmänt	63
7.2 Bromssystem	64
7.3 Utvecklingsmöjligheter	65
7.4 Rekommendationer till fortsatt arbete	65

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid

REFERENSLISTA

66

BILAGOR

1. INLEDNING

Den föreliggande rapporten är resultatet av ett examensarbete för SAB-Automotiv AB, Landskrona, och Institutionen för reglerteknik på Tekniska Högskolan i Lund.

SAB-Automotiv AB, Landskrona, är ett självständigt bolag inom Sonesson-koncernen, som utvecklar, tillverkar och marknadsför komponenter för bussar, lastbilar och släpfordon.

1.1 Syfte och avgränsningar

Fordonstekniken utvecklas i snabb takt inte minst sedan elektroniken börjat införas i allt större omfattning.

Elektronikvågen bärs fram av den mikroprocessorbaserade datorkapaciteten som redan finns tillämpad i fordon i form av färdatorer, bränsleinsprutnings-system och låsningsfria bromssystem eller som är i antågande såsom växelväljarsystem, felsökningssystem, navigationssystem osv.

Mot denna bakgrund formulerades ett examensarbete som gick ut på att, relativt förutsättningslöst, analysera och utvärdera elektronikens möjligheter inom fordons-tekniken och då främst inom bromssystem.

Frågeställningar som berörs är av typen placering av elektronik i fordonet samt akteulla system tillgängliga idag eller i en framtid.

Efter hand som arbetet fortskred konkretiserades syftet till att försöka, med elektronikens hjälp, lösa de problem som finns i dagens pneumatiska bromssystem.

Nya frågeställningar har då kommit upp, t ex elektronik i bromssystem, dess utseende, fördelar, nackdelar och möjligheter.

Arbetet koncentreras till elektronik i fordon, speciellt i chassidetaljer på lastbilar och bussar.

Lyx- eller komfortbetonade och estetiska tillämpningar av elektronik behandlas ej utan arbetet fokuseras kring detaljer av mer säkerhetskaraktär.

Övriga avgränsningar framgår av rapporten.

1.2 Rapportens uppläggning

Arbetet inleddes med en övergripande klassificering av framför allt chassikomponenter vilket redovisas i kapitel 2. Kapitel 3 behandlar elektroniken i ett fordon, först allmänt om bakgrunden, dagens läge och framtiden, sedan mer i detalj enligt den klassificering som gjordes i kapitel 2.

Från och med kapitel 4 behandlas enbart bromssystemet och kapitlet inleds med en problemställning och fortsätter med en avgränsning och fördjupning i de dynamiska problemen. I kapitel 5 framläggs ett förslag på ett bromssystem och en matematisk modell utarbetas. Systemet simuleras i kapitel 6 och resultatet redovisas

i form av diagram med kommentarer. Slutsatser och möjligheter till utveckling diskuteras i kapitel 7.

Referenserna markeras med hjälp av siffror inom parentes antingen i texten eller längst ner på sidan. Markeringarna återfinns i texten då denna är hämtad mer eller mindre direkt från referensen ifråga. Siffrorna hänvisar till referenslistan, som är uppdelad i tre avsnitt. Referens (1)-(17) har använts som bakgrund till rapporten, (17)-(20) för att utarbeta simuleringsmodellen och övriga s k allmänna referenser omfattar material som lästs under arbetets gång och som kan vara intressant för den eventuelle läsaren men som ej direkt bidragit till rapporten.

2. KLASSIFICERING AV KOMPONENTER I ETT FORDON

För att bättre förstå och för att få en klarare överblick av ett fordonets ingående komponenter görs här en uppdelning av fordonets ingående delar med tonvikt på chassikomponenter.

Vid en första analys av ett fordon framkommer sex huvudgrupper av komponenter:

- Kraftenhet
- Kraftöverföring
- Hjulupphängning och styrning
- Bärande enhet
- Elsystem
- Bromssystem

Dessa grupper kan i sin tur indelas i undergrupper.

Kraftenheten har till uppgift att alstra kraft och begreppet omfattar t ex smörjsystem, bränslesystem, inlopp respektive avgassystem osv. Se tabell 2.1.

Kraftöverföringen överför den alstrade kraften till drivaxeln och omfattar alla de komponenter som finns mellan kraftenheten och drivhjulen, dvs koppling, kopplingservo, momentförstärkare, växellåda, kardanaxel och bakaxel. Se tabell 2.2.

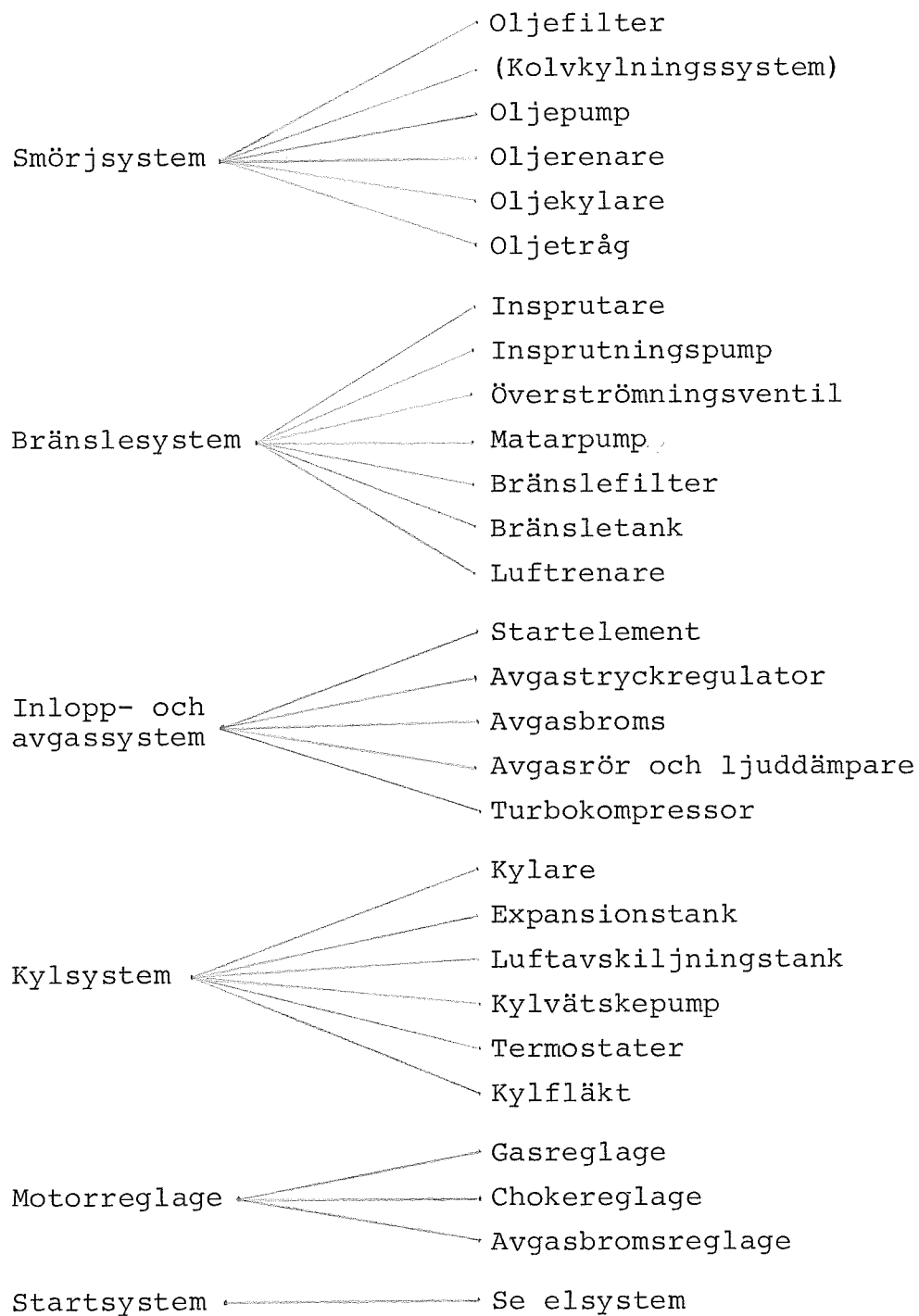
Hjulupphängning och styrning bär upp framhjulen och överför styrkraften från förare till hjul. Gruppen indelas i två undergrupper, framhjulsupphängning respektive styrning. Se tabell 2.3.

Den bärande enheten kan definieras som den enhet som bär upp fordonets ingående delar och inbegriper ram, axelupphängning, hjul och nav. Se tabell 2.4.

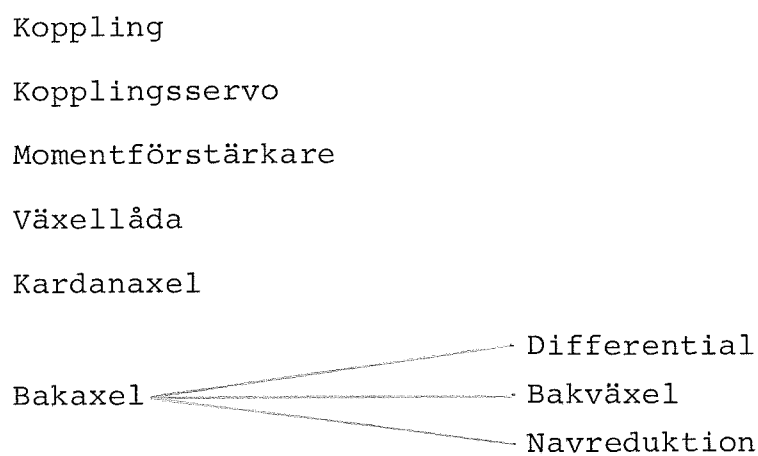
Elsystem skall alstra och ackumulera elektrisk energi men begreppet omfattar även system som förbrukar elektricitet. Således innefattas i elsystemet t ex strömför-
sörjning, startsystem, ljussystem, kontrollsystem osv.
Se tabell 2.5.

Slutligen har vi bromsenheten vars uppgift är att retardera samt, vid parkering, fasthålla fordonet. Bromssystem är här den gemensamma termen för alla komponenter från matarsystem och indikeringskomponenter till hjulbromsar. Avgasbroms tillhör ej bromssystemet. Se tabell 2.6. Bilaga 1 visar ett bromsschema.

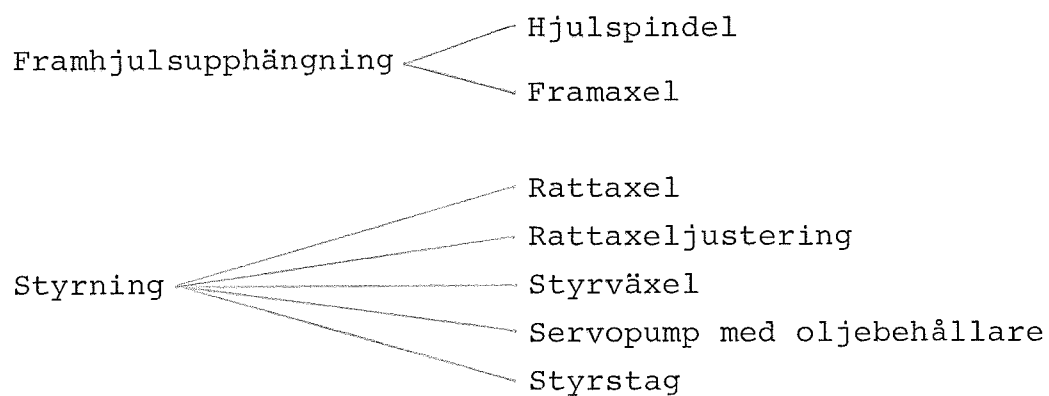
(14) (16)



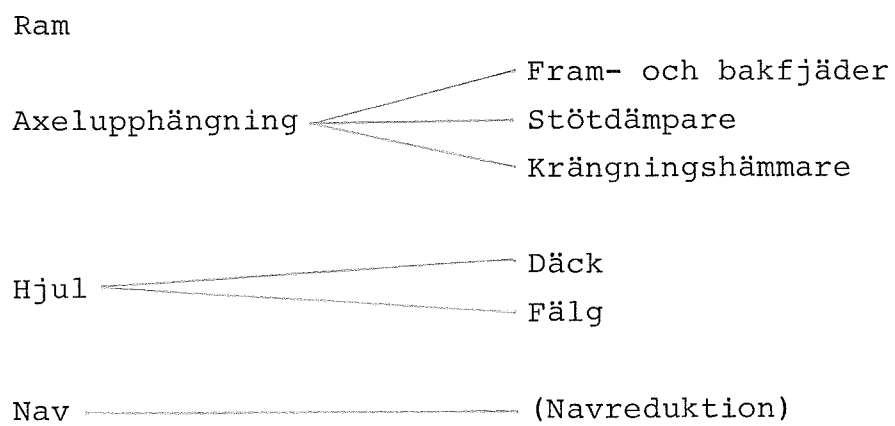
Tabell 2.1 Komponenter i kraftenheten



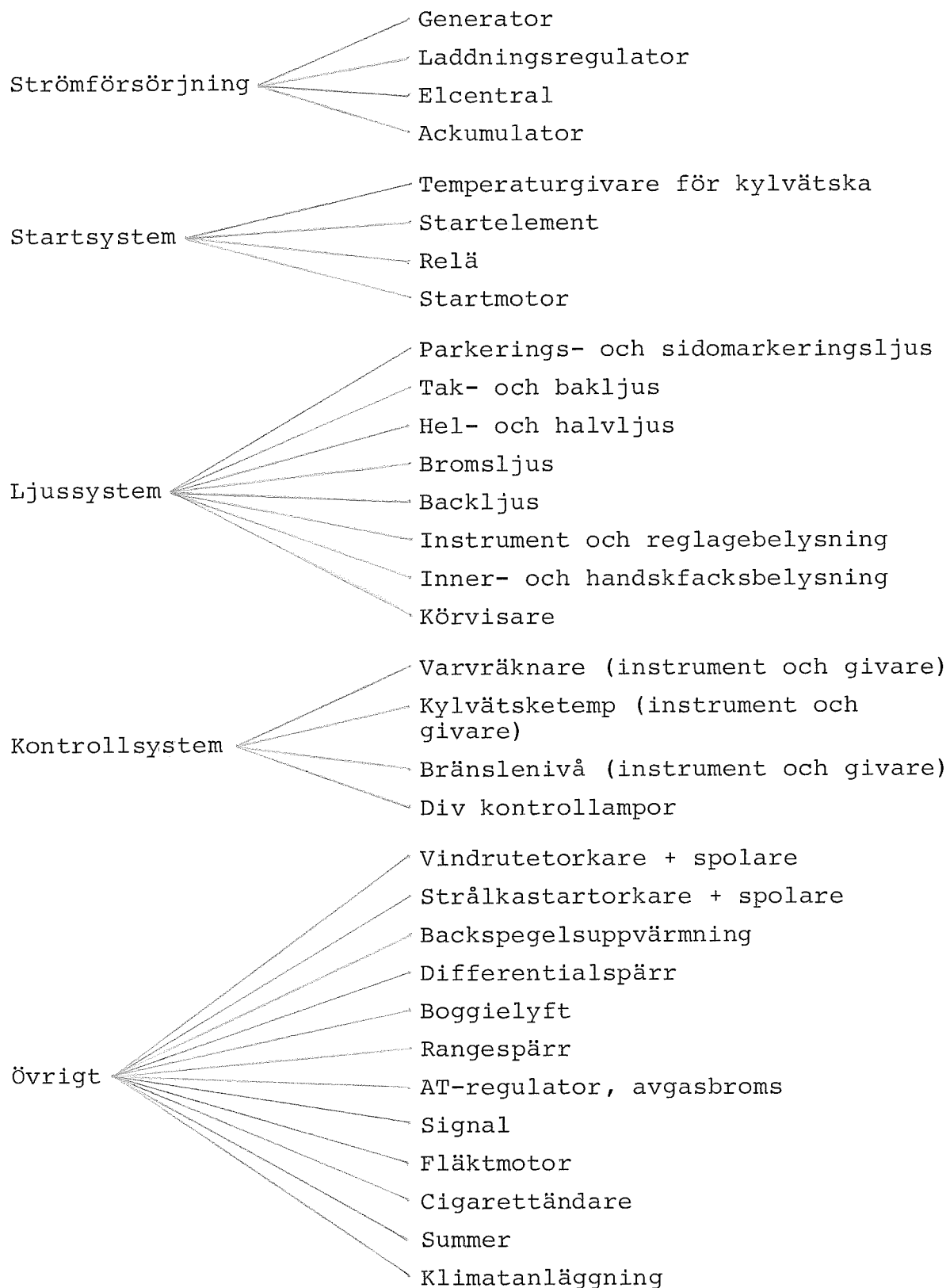
Tabell 2.2 Komponenter i kraftöverföringen



Tabell 2.3 Komponenter ingående i hjulupphängningen och styrningen

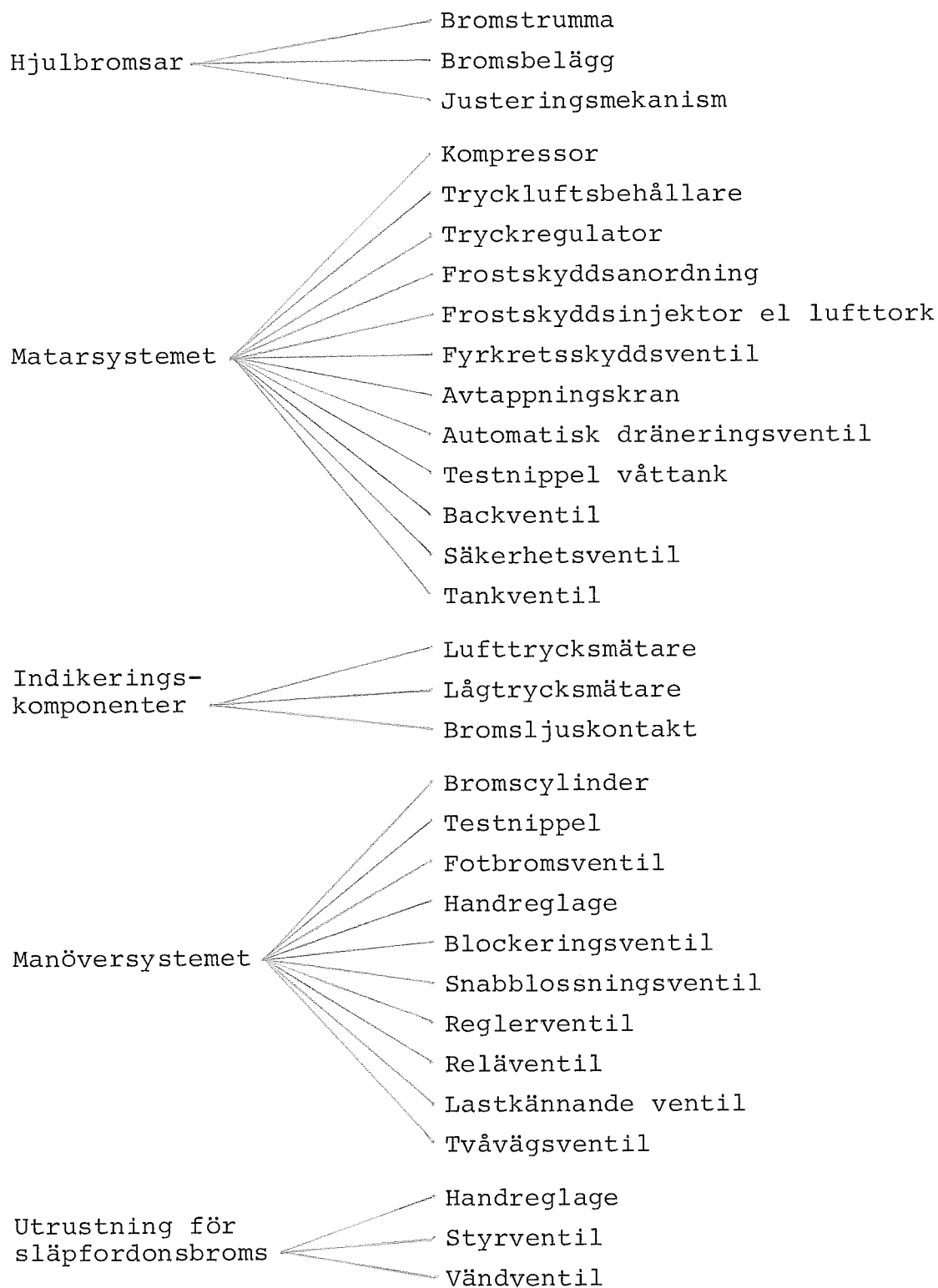


Tabell 2.4 Komponenter i den bärande enheten



Tabell 2.5

Komponenter i fordonets elsystem



Tabell 2.6

Bromssystemets komponenter

3. ELEKTRONIKENS TILLÄMPNING OCH MÖJLIGHETER I FORDON

Elektronik för fordon utvecklas i snabb takt och redan idag är fordons elektronik ett mycket omfattande begrepp.

Följande kapitel försöker ge en orientering om hur och var elektroniken tillämpas i fordon. Kapitlet inleds med att beskriva allmänna trender, dvs gårdagens, dagens och framtidens elektroniska fordons-system och fortsätter mer i detalj enligt den klassificering som gjordes i kapitel 2.

3.1 Allmänna trender

Elektroniken är i princip ingen ny företeelse inom bilindustrin men vad som är nytt är de mer komplexa mikrodatorbaserade system som börjar se dagens ljus.

Som framgår av tabellen nedan tillfördes marknaden ett flertal elektroniska konstruktioner för bilar under både 60- och 70-talet.

Elektroniska system i fordon	År
AM Radio	1930
Elektronisk avbländning	1956
Elektronisk hastighetskontroll	1961
Elektronisk spänningsregulator	1961
Brytarlöst tändsystem	1962
Elektronisk bränsleinsprutning	1967
Låsningfria bromsar	1970
Analog elektronisk tändinställning	1975
Digital elektronisk tändinställning	1976
Totala förarinformationssystem	1980
Trip dator ¹	1980

¹ Informationscentra i bilen för bensinförbrukning, tidsåtgång etc.

Figur 3.1 Tidpunkter för utveckling av fordons-
elektroniska system - några exempel (11)

Dessa system kom emellertid endast att få marginell betydelse i fordonsproduktionen, främst p g a kostnadsskäl och blev därmed ej heller standardutrustning (11).

På grund av de ökade bränslekostnaderna och de strängare avgasreglerna har fordonsteknologin främst inriktats på att förbättra driftsekonomin och minska avgasutsläppen.

Av säkerhetsskäl måste bilindustrin ställa höga krav på komponenternas driftsäkerhet.

Elektroniksystemens tillämpning i fordon begränsas i första hand av följande problemområden (11):

- Fordonet innebär en mycket svår miljö för elektronikkomponenter p g a temperaturvariationer, luftfuktighet, smuts, olja, kemikalier, elektromagnetiska störningar och vibrationer etc.
- Ett fordonssystem måste vara synnerligen tillförlitligt både av säkerhetsskäl och, vad gäller främst tunga fordon, ekonomiska skäl som exempelvis vid stilleståndskostnader.
- Utvecklingen av givare har gått betydligt långsammare än utvecklingen på halvledarsidan.
- Ur servicesynpunkt innebär nya system bl a utrustnings- och utbildningsproblem.

Den hårda miljön som fordon i drift innebär kan mildras för elektroniken genom mekanisk och elektromagnetisk isolering från omgivningen.

Vidare måste systemet garderas mot störningar genom att kontrollrutiner införs i programmen där mikrodatoren kontrollerar och rättar sig själv vid fel (13).

Servicevänligheten kan förbättras genom modulsystem.

Följande fråga bör ställas då konstruktörer vill ersätta en mekanisk komponent med elektronik:

"Innebär det någon förbättring av produkten, produktionstekniskt, prestandamässigt eller ekonomiskt?"

Att införa elektronik utan att det innebär någon förbättring är meningslöst. Speciellt inom instrumenteringen finns det idag tämligen onödiga tillämpningar av elektronik.

I nedanstående tablå anges i grova drag fordonselektro-
nikens utveckling (11).

1980-talets första hälft:

- Motorreglersystem avseende tändning, bränsletill-
försel och avgaser finns idag.
- Komplexa digitala motorövervakningssystem är redan
introducerade i USA samt i vissa europeiska lyx-
bilar.
- System för start-stop-automatik eller tomgångs-
optimering är under utveckling och kan förväntas
bli infört inom några år.
- Totala system för optimering av kraftöverföring har
utvecklats för tunga militärfordon, medan tillämp-
ningen för kommersiellt ändamål kommer att dröja.
- Arbete pågår med att lösa problemen kring förar-
informationssystem. Dessa system finns redan i
ett flertal amerikanska bilmodeller samt i ett
fåtal europeiska och japanska fordon.

1980-talets andra hälft:

- Säkerhetssystem såsom låsningsfria bromsar, anti-
spinn-automatik får en första spridning. System
finns redan på marknaden. Tekniskt mycket kompli-
cerade. En bredare spridning är att vänta först
under 1990-talet.
- Övrig fordonsautomatik, som exempelvis elektronisk
klimatstyrning, självdiagnostiserande system etc,
förväntas få en mer allmän omfattning inom en
5-10-årsperiod.

- Avancerade trafikinformations- och vägvisnings-system kommer troligtvis inte att införas för allmänt bruk under den närmaste 10-årsperioden.
- Sofistikerade externa system som aktiva trafiksignaler, tvingande automatisk hastighetsbegränsning osv förväntas inte heller införas förrän om 8-10 år.
- Navigationssystem som satellitnavigering, elektroniska kartbilder etc har utvecklats för militärt och marint bruk och kan tänkas komma till användning för civilt bruk i större omfattning om 10-15 år.

Tabellen nedan ger en överblick av dagens och framtidens elektroniska system i fordon (12).

COMFORT & CONVENIENCE	SAFETY & SECURITY	INSTRUMENTATION & DISPLAYS	DRIVE TRAIN	ELECTRICAL
• Speed Control	• Flash Control	• Clocks	• Electronic Ignition	• Alternator Diodes
• Headlamp Control	• Seat Belt Warning	• Fuel Gages	• Spark Timing	• Voltage Regulator
• Climate Control	• Passive Restraint	• Speedometer	• EGR Control	• Multiplex
• Interval Wipers	• Wheel Lock Control	• Odometer	• Idle Speed Control	• Fiber Optics
• Seat Positioner	• Tire Pressure Monitor	• Tachometer	• Diesel Injection Control	
• Illuminated Entry	• Speed Limiting	• Trip Computer	• Gas Injection Control	
• Keyless Entry	• Crash Recorder	• Message Center	• Closed Loop Carburetor	
• Garage Door Opener	• Road Surface Indicator	• Fuel Economy Gage	• Diagnostics	
• Mirror Control	• Icing Control	• Diagnostics	• Diesel Starting Timer	
• Programmed Horn	• Sleep Detection	• Voice Message	• Evaporative Emission Purge	
• Voice Actuation	• Collision Avoidance	• Speed Warning	• Transmission Control	
• Moisture-Sensitive Interval Wipers	• Blind Spot Warning	• Planar Display	• Clutch Lock Up	
• Advanced Speed Control	• Driver Physiology	• Vehicle Data	• Cooling System Control	
	• Traction Control	• Computation Center	• Turbo Charger Control	
			• Reaction Air	
			• Wide Cut Fuel	
			• Programmed Combustion	
			• Accessory Drive Control	
			• Restart	

Figur 3.2 Potentiella elektroniska fordonssystem år 1990 (12)

I de följande delkapitlen behandlas kortfattat tillämpningen av elektronik i fordonets olika delar enligt den klassificering som gjordes i kapitel 2.

3.2 Kraftenhet

Strängare krav på bränsleekonomi och avgasrening har gjort att utvecklingen av fordonselektroniken främst har koncentrerats på motorn och då på dess bränsle- och tändsystem.

Europa och Japan ligger efter USA i införandet av elektronik beroende på att de mindre bilarna hittills har klarat de amerikanska kraven utan elektroniska motorstyrsystem.

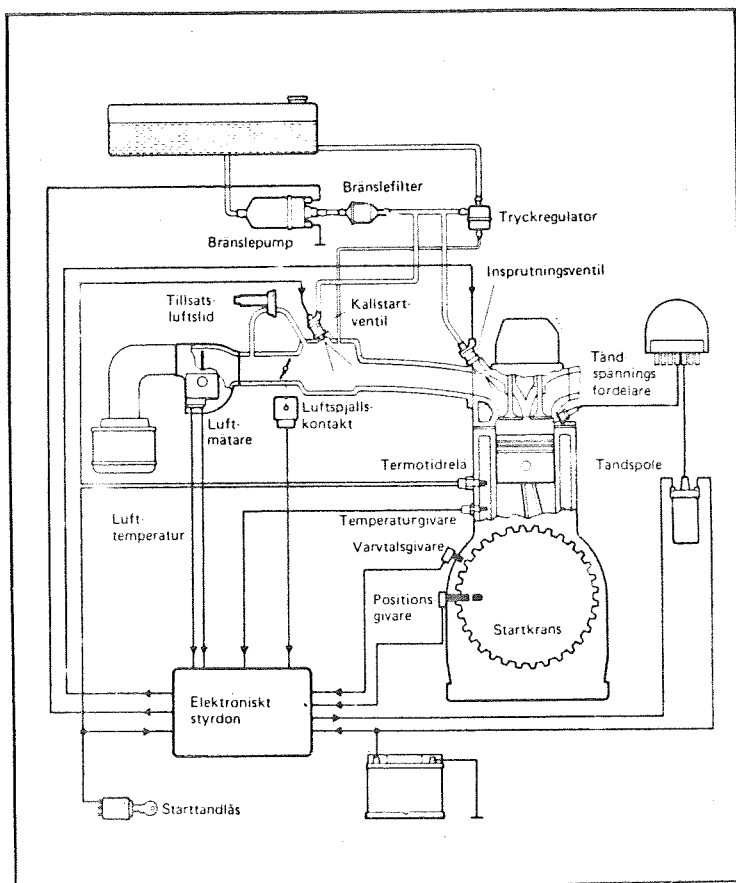
I ett motorstyrsystem ingår följande funktioner:

- Styra tändförställning.
- Styra gnista för att tända bränslen i mycket magra blandningar.
- Styra luft/bränsle-förhållandet genom inställbar förgasare, bränsleinsprutning.
- Detektera knackning.
- Styra bränsleförbränning genom recirkulering av avgaser.

Figur 3.3 och 3.4 visar Bosch Motronic-systemet.

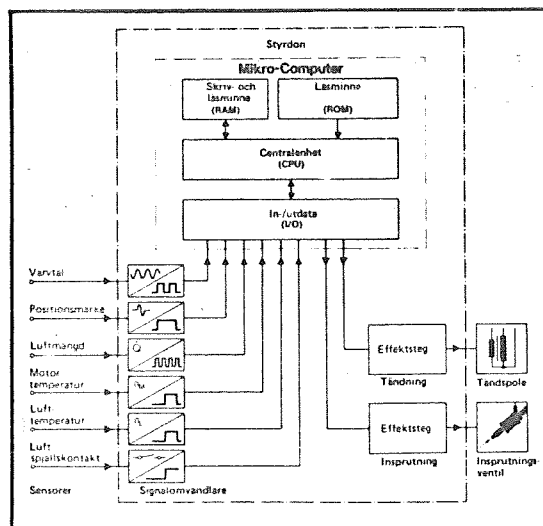
Systemet är uppbyggt kring en central mikrodator i vars minne man programmerat in sådana data som ger rätt tändförställning och bränslemängd för praktiskt taget alla belastningsförhållanden hos motorn.

Alla mekaniska delar i tändsystemet har ersatts med en helt elektronisk styrning av tändögonblicket. I detta fall är det vevaxelns läge som känns av via kuggkransen på svänghjulet.



Bosh Motronic styrdon.

Figur 3.3 (1)



Blockschema över Motronic-systemet. Mikrodatorn erhåller information från 6 olika sensorer. Dessa data jämförs med sådana värden som lagrats i ett ROM och som erhållits genom provkörning av motorn i provbänk under olika arbetsförhållanden. Med hjälp av dessa ställer elektroniken in tändning och bränsletillförsel så att bästa effekt och vridmoment erhålles.

Figur 3.4 (1)

Med hjälp av information om luftflöde och lufttemperatur räknar mikrodatorn ut bästa momentana tändinställning.

Tändförställningen tas fram genom att köra motorn i provbänk och lagra data i ett halvledarminne.

Enklare system som bara styr motorns varvtal och fordonets hastighet används i USA.

Dessa system, som är speciellt anpassade för körning över stora avstånd, har följande huvudfunktioner:

- Hastighetsbegränsning
- Styrning för konstant landsvägshastighet
- Begränsning av motorvarvtal

Utvecklingen har nått längst på personbilssidan men även på lastbils- och bussidan börjar man nu utveckla elektroniska motorstyrsystem. Eftersom lastbils- och bussmiljön är ännu hårdare för elektroniken än personbilsmiljön, fordras något enklare och robustare system.

Jag går här inte närmare in på uppbyggandet av styrsystemen utan hänvisar till referenslistan.

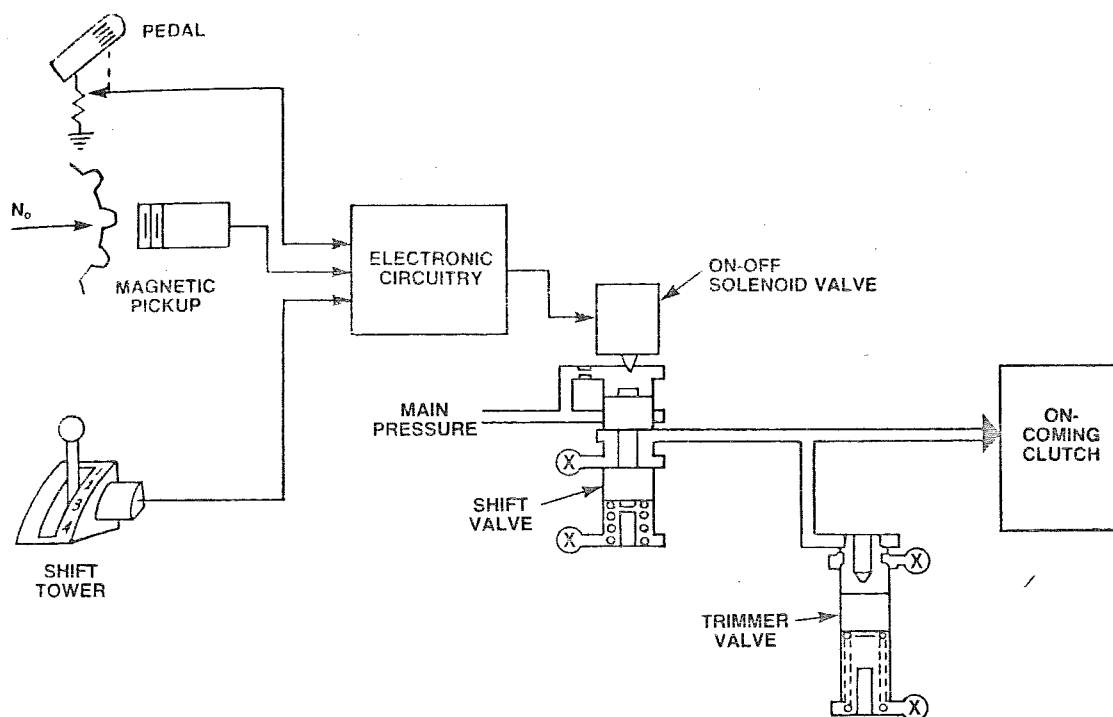
Övriga områden där elektronisk styrning kan tillämpas är i smörj- och kylsystemet, t ex genom ett regler-system som ser till att motorn hela tiden har en optimal arbetstemperatur.

(1) (3) (6) (9) (12)

3.3 Kraftöverföring

Det är speciellt växellåda och koppling som är intressanta och flera varianter av transmissionen finns, bl a:

- manuell växellåda med hydrauliskt assisterad elektronisk enhet som styr växlingen med hänsyn till växelläget, varvtal och pedalläget, se nedanstående figur



Figur 3.5 Elektronisk transmissionskontroll (5)

- helautomatisk elektroniskt styrd växellåda som tar hänsyn till varvtal, moment och pedalläge.

Även vid drivaxeln kan elektronik införas som t ex automatik differentialspärr.

3.4 Elsystem

Inom elsystemet finns det givetvis en stor mängd tillämpningar av elektronik. Jag tar här inte upp de mindre viktiga detaljerna som t ex cigaretttändare och dylikt utan tar bara upp mer säkerhetsbetonade detaljer.

Följande tillämpningar finns:

- Ljussystem:
 - Automatisk påslagning av halvljus vid mörker
 - Automatisk nedbländning vid möte
 - Automatisk strålkastarinställning

- Kontrollsystem:
 - Dator som kontrollerar bränslemängd, olja, kylvätska, däckens lufttryck, hastighet, yttre temperatur osv och som varnar vid fel
 - Hastighetsstyrning

- Övrigt:
 - Vindrutetorkare med intervalltorkning
 - Regnavkännande vindrutetorkare

3.5 Bromssystem

Inom bromssystemen har det mest satsats på utveckling av så kallade anti-skid-system eller låsningsfria bromssystem. Utvecklingen av dessa system har pågått under drygt 15 år och det gemensamma för dagens antihjullåsningssystem är att de är dyra och följaktligen återfinns de endast i ett fåtal lyx- och specialfordon.

Principen för de flesta systemen är densamma och beskrivs i nästa kapitel.

Dessa system finns utvecklade av flera företag, t ex Wabco, Bosch, AC Spark Plug och Dunlop (Maxaret).

Vidare finns bl a följande möjligheter med elektronik i bromssystem:

- Elektrisk lastkompensator med hjälp av trådtöjningsgivare som anbringas på axeln.
- Elektrisk signalöverföring från bromspedal till reläventil.

3.6 Övriga

I de övriga enheterna som den bärande enheten respektive hjulupphängningen och styrningen är möjligheterna att tillämpa elektronik begränsade.

Vid användning av luftfjädring kan ett elektroniskt reglersystem användas för att bibehålla fordonets höjd över marken konstant oberoende av last.

4. ANALYS AV BROMSSYSTEMET

Arbetet kommer fortsättningsvis att koncentreras till bromssystemet, dess problem samt möjligheterna att lösa dessa problem med elektronik.

Följande kapitel inleds med att problemen med dagens bromssystem formuleras och fortsätter med en fördjupning i de dynamiska problemen. Slutligen diskuteras möjligheten att åtgärda dessa problem med reglering.

4.1 Problemställning

Arbetets syfte är att studera elektronikens möjligheter i ett bromssystem, men innan dess måste det först klargöras var nackdelarna, svagheter eller bristerna med dagens pneumatiska system finns.

Bilaga 1 visar en principbild på ett bromssystem.

- (1) Hjullåsningproblemet. Detta är onekligen orsaken till många olyckor.
- (2) Fördröjningsproblemet. Det tar en viss tid från det att föraren tryckt på bromspedalen till dess att önskat tryck erhålls vid bromsarna. Även när bromspedalen släpps uppstår en fördröjning innan trycket sjunker.

Vid hög hastighet kan detta innebära åtskilligt förlängd bromssträcka.

- (3) Föroreningsproblem. Olja och diverse slaggprodukter kommer in i systemet och försämrar ventilernas funktion. Lufttankarna, där slaggprodukterna slutligen hamnar, måste kontinuerligt tömmas på slagg.

- (4) Kondenseringsproblem. Eftersom mediet i bromssystemet är luft uppstår kondensering p g a tryck- och temperaturskillnader. Systemet måste därför skyddas mot frysskador med en frostskyddsanordning, frostskyddsinjektor eller lufttorkare, dräneringsventil osv - allt detta bidrar till att systemets komplexitet ökar.
- (5) Komplex system. Efterhand som försök har gjorts att lösa problemen eller att göra bromssystemen mer sofistikerade har fler och fler komponenter byggts på vilket slutligen resulterat i ett klumpigt system med massor av ventiler, lufttankar, filter osv.
- (6) Lastkompenseringsproblemet. För att få en optimal inbromsning fordras att varje axel bromsar sin egen last, dvs utnyttjar tillgänglig adhesion.

Av ovanstående problem kan tre placeras under rubriken "Dynamiska problem", nämligen:

- fördröjningsproblemet
- hjullåsningproblemet
- lastkompenseringsproblemet

Fördröjningen är också ett mekaniskt och flödestekniskt problem som beror på ventilernas tröghet, ledningarnas dimensioner samt luftens kompressibilitet.

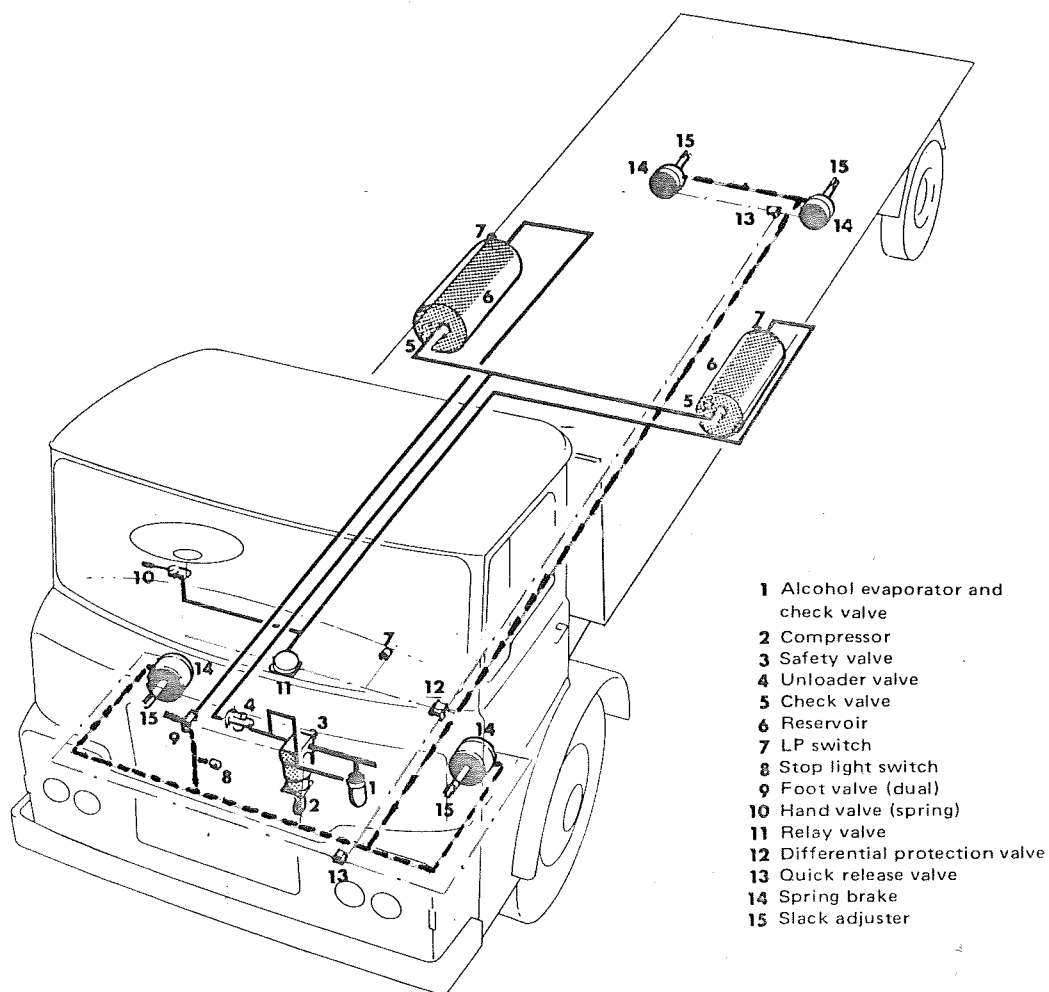
Slagg- och kondenseringsproblemen kan i princip lösas med diverse filter och torkare och ligger därför utanför ramen för detta arbete liksom komplexiteten.

4.2 Dynamiska problem

Fördröjning

Den första frågan som måste ställas är var fördröjningen ligger.

Det har visat sig att en del av fördröjningen finns i trycköverföringen från pedal till bakre bromscylin-
der och beror bl a på den långa manöverledningen
(se streckad linje i figur 4.1).



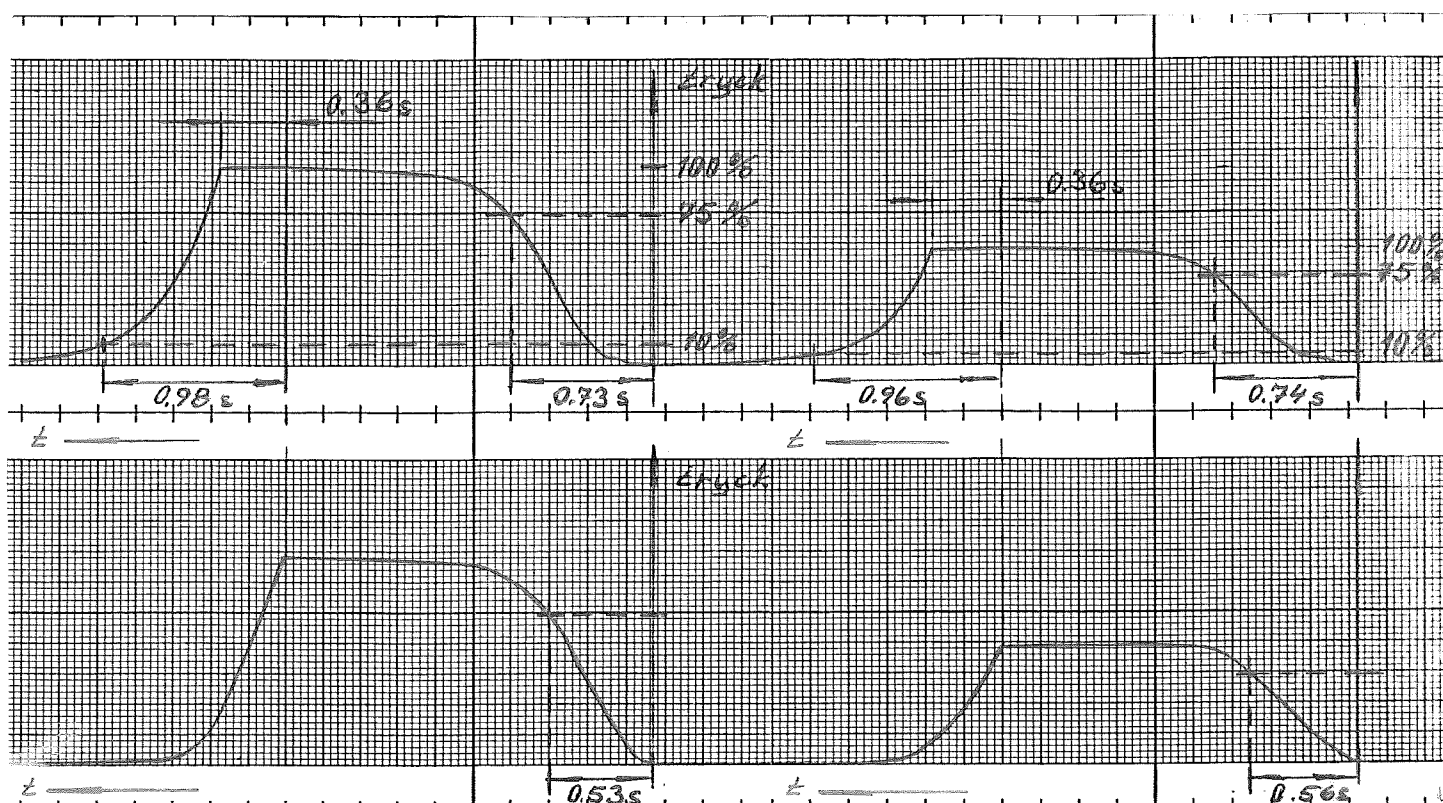
Figur 4.1 Fjäderbromssystem (lastbil) (4)

Fördröjningen är av storleksordningen 0,2 s. Ytterligare ca 0,5 s kan erfordras för att nå upp till 75% av bromstrycket.

Dessa fördröjningar beror på luftens kompressibilitet, ventilernas tröghet samt luftflödet och därmed ledningarnas längder och dimensioner.

Tidsfördröjningen är densamma oberoende om det är del- eller fullbromsning.

Nedan visas tryckmätningar gjorda på en Scania-buss av 1967 års modell. Bussen är utrustad med samma typ av bromssystem som i figur 4.1.



Figur 4.2

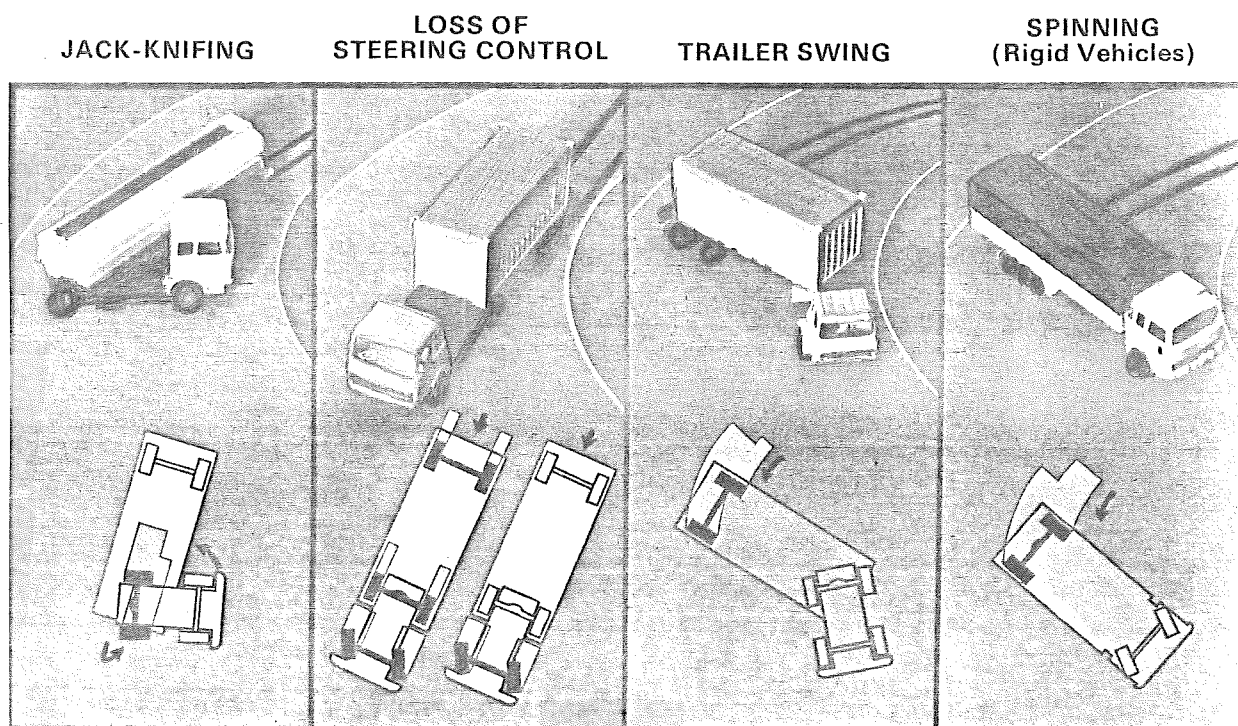
Tryckmätningar gjorda på en Scania-buss av -67 års modell. De undre kurvorna visar tryckvariationen vid fotventilen under del- och fullbromsning. De övre kurvorna visar motsvarande tryckvariationer vid bakre bromscylindern (obs! tidsaxelns riktning)

Vid uppsläppningen av bromspedalen kan man se i figuren ovan en ganska stor fördröjning (0,36 s) innan snabblossningsventilen reagerar. Detta kan dock variera beroende på typ av ventil.

Hjullåsning

Hjullåsning är ett välkänt problem för var och en som kör bil och uppstår då bromsmomentet överstiger friktionsmomentet, dvs då bromstrycket är för högt i förhållande till friktionen mellan däck och underlag.

Följderna av hjullåsning kan, förutom sladd och förlorad styrförmåga, även bli kraftigt förlängd bromssträcka.



Figur 4.3

Följderna vid hjullåsning beroende på typ av lastbil och vilket hjulpar som låser sig. De hjulpar som är låsta är markerade i svart.

Olja och is på vägarna kan orsaka fläckvis mycket låga friktioner vilket medför att friktionen mellan däck och underlag blir olika vid fordonets olika hjul. Det optimala vore om varje hjul individuellt kunde bromsa så mycket som underlaget för ögonblicket tillåter.

Lastkompensering

Att varje axel bromsar sin egen last, dvs att bromstrycket vid varje hjulpar ligger i förhållande till lasten på axeln i fråga är viktigt för att minska påfrestningarna på lastbilen, minska risken för hjullåsning och för att få en optimal bromsning.

Idealiskt vore det om kraften mellan dragbil och lastvagn är noll vid inbromsning, dvs dragbilen och lastvagnen bromsar sin egen last.

Med en semitrailer blir situationen annorlunda eftersom dragbilen måste bromsa en del av trailerns last.

Huvudproblemet med lastkompensering är att få fram en lämplig givare.

4.3 Kommersiella bromssystem

Här presenteras kort dagens lösningar på dessa dynamiska problem.

Fördröjning

Som sagts tidigare beror fördröjningen på luftens kompressibilitet, ventilernas tröghet samt luftflödet och därmed manöverledningens längd och dimension.

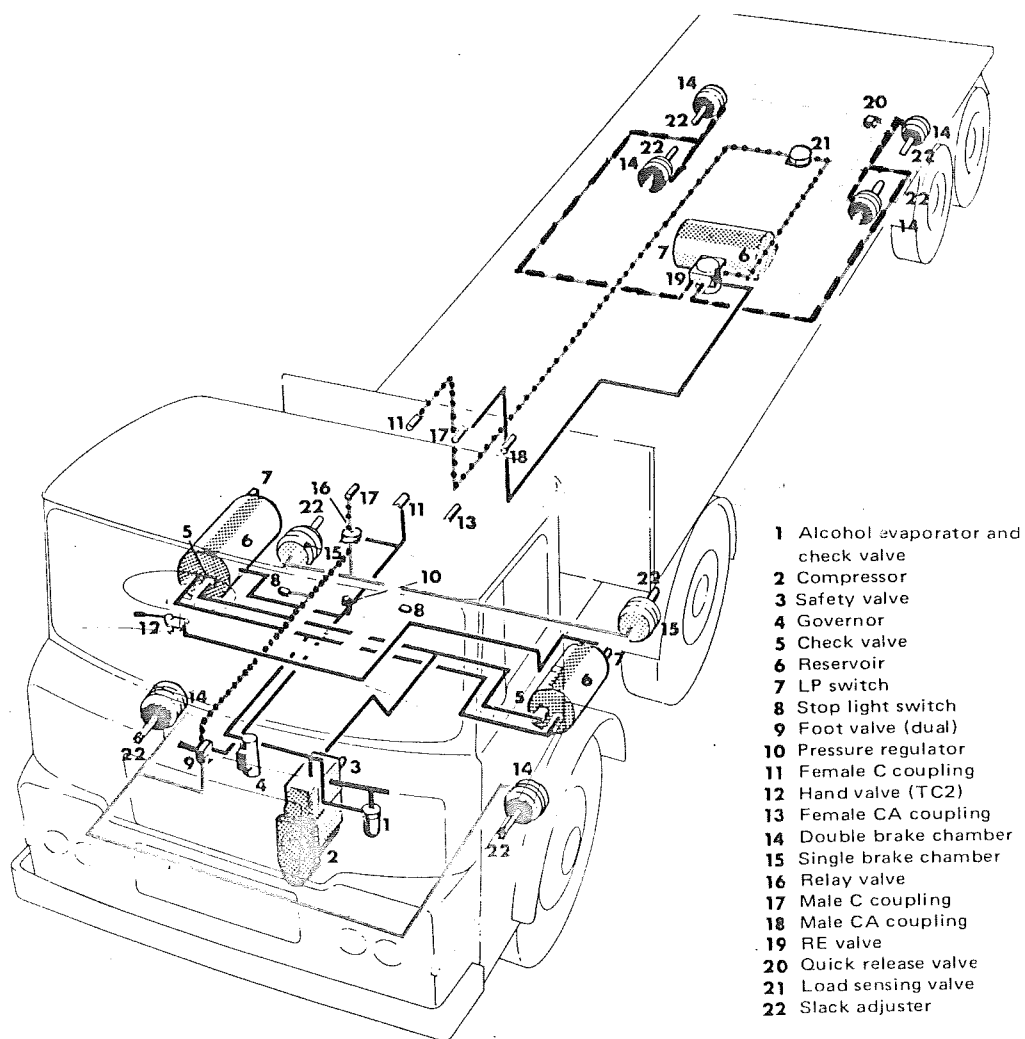
Luftens kompressibilitet kan inte åtgärdas och ventilernas tröghet är en kostnadsfråga. Kvarstår att försöka minska fördröjningen genom att åtgärda luftflödet.

Genom att placera lufttankar och en reläventil vid de bakre axlarna har man fått kortare väg från lufttank till bromscylinder (se figur 4.4, streckad linje).

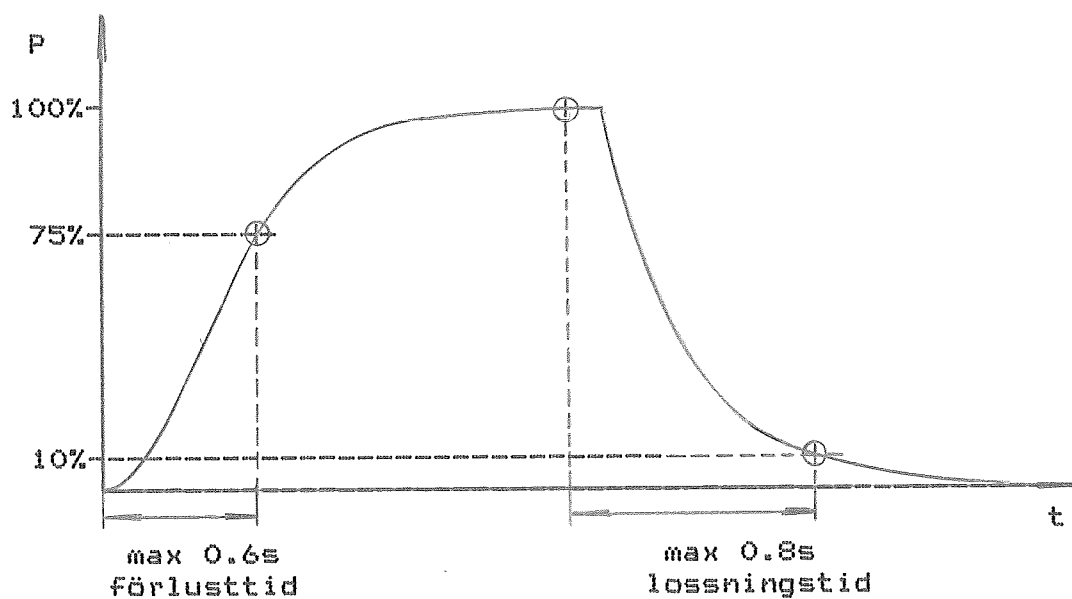
Hela luftflödet behöver nu inte passera fotventilen utan det räcker med ett mindre luftflöde för att manövrera reläventilen (se figur 4.4, prickad linje) vilket resulterar i ett snabbare system.

Dessa bromssystem återfinns speciellt i långa fordon.

Figur 4.5 visar dagens krav på ett godkänt bromssystem enligt svenska bestämmelser.



Figur 4.4 Bromssystem med reläventil (4)

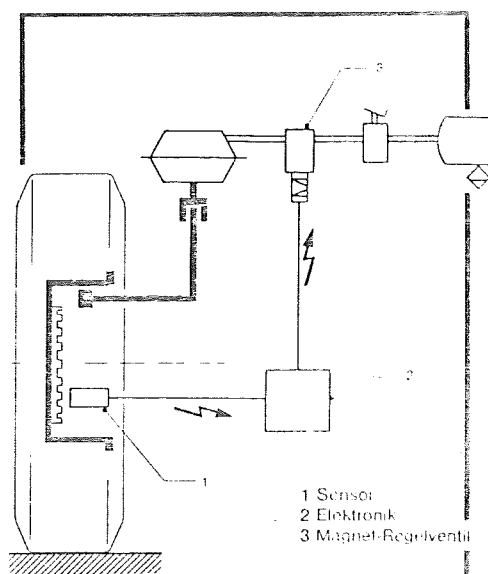


Figur 4.5 Krav på bromssystem enl svenska bestämmelser

Hjullåsning

Forskningen på detta problem har pågått i många år och det gemensamma för dagens utvecklade antihjullåsningssystem är att de är både komplicerade och dyra.

Principen för de flesta systemen är densamma (se figur 4.6); i hjulnavet finns en tandad ring, som roterar med hjulet (8). Mot ringen, mycket nära, men utan mekanisk kontakt, sitter en sensor som ger en puls varje gång en "tand" passerar, dvs man får ett pulståg vars frekvens är proportionell med rotationshastigheten.



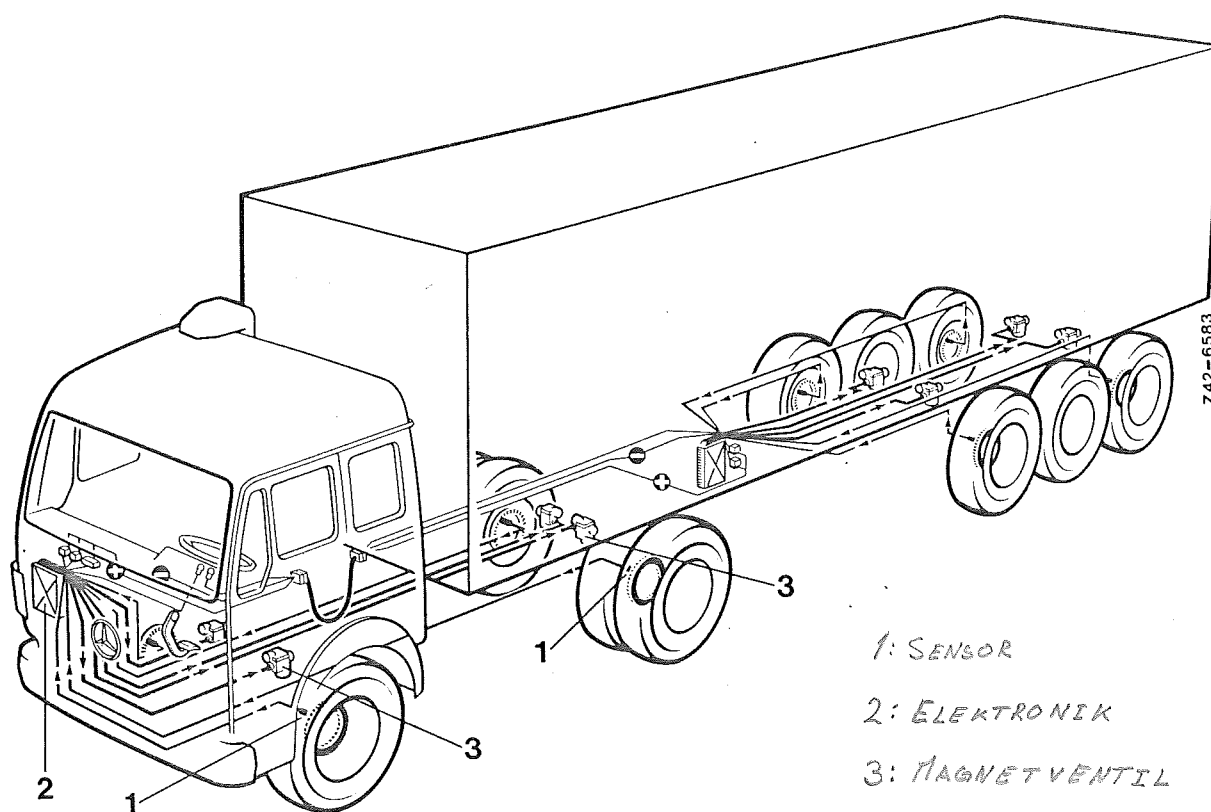
Figur 4.6 Daimler-Benz/Wabcos låsningsfria bromssystem (8)

Signalen från sensorn går till en elektronisk enhet (mikrodator) som jämför signalen med en gammal och kan på så sätt upptäcka om hjulet plötsligt skulle börja rotera mycket långsamt och stanna, dvs blockeras vid bromsning.

Mikrodatorn påverkar då en magnetventil i bromssystemets luftledning och minskar snabbt lufttrycket i motsvarande bromscylinder. Brossen släpper - hjulet börjar rotera igen och datorn släpper åter på mer luft så att hjulet åter bromsar.

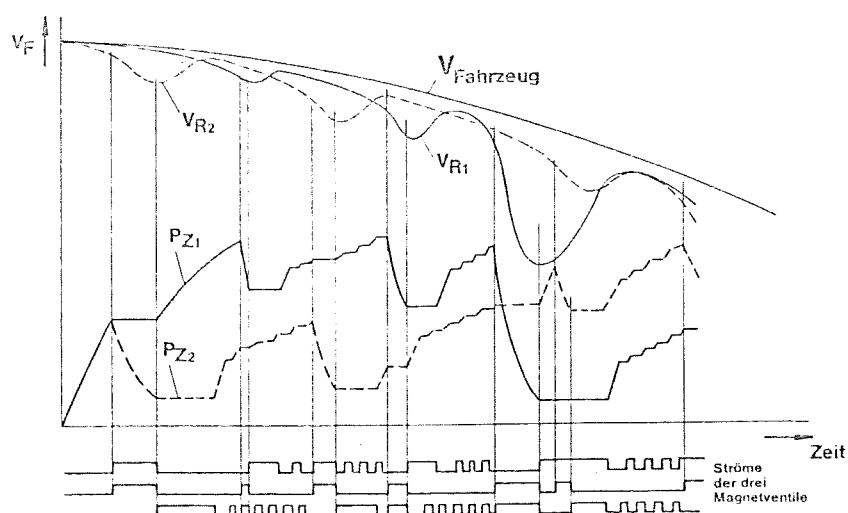
Figur 4.7 visar systemet monterat på en lastbil.

Figur 4.8 visar reglercykeln vid två hjul där bromstrycket är P_{Z1} respektive P_{Z2} och hjulets rotationshastighet är V_{R1} respektive V_{R2} .



Figur 4.7 Låsningfritt bromssystem monterat på lastbil (17)

Man kan i figur 4.8 se att då hjulets rotations-
hastighet V_R plötsligt minskar fortare än vad den
vanliga retardationen ger anledning till, reagerar
systemet med att genast minska bromstrycket P_Z tills
hjulet på nytt ökar rotationshastigheten. Broms-
trycket ökas då successivt igen.



Figur 4.8 Reglercykel vid två hjul. P_Z är broms-
trycket och V_R är hjulens rotations-
hastighet (2)

(2) (7) (8) (10) (15)

För att minska kostnaderna har man undersökt möjlig-
heten att ha en gemensam givare för flera hjul eller
att bara ha en per axel.

Den individuella regleringen av varje hjul för sig ut-
nyttjar körbanans friktion maximalt och ger kortast
möjliga bromsväg. I praktiken kan man säga att det
hjul som råkar ha torr asfalt under sig bromsar för
fullt medan ett annat hjul som befinner sig på en is-

fläck regleras av mikrodatorn så att det inte slirar.

Principen om individuell reglering har också en nackdel. Styrförmågan hos styrande hjul på framaxeln försämras. Alltför häftiga kast kan bli följderna av att helt individuellt reglera båda framhjulen.

Skillnaden i reglering mellan de båda styrande framhjulen får alltså i ett låsningsfritt bromssystem inte vara större än att föraren genom styrning kan korrigera eventuella kasttendenser.

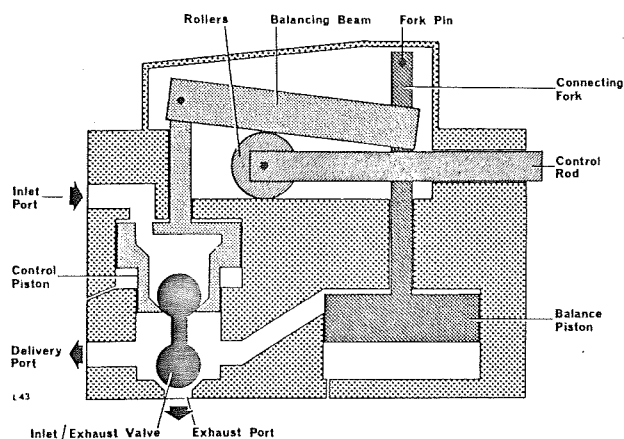
När det gäller bakhjulen har det visat sig att ganska bra resultat kan uppnås med en sensor per axel liksom genom att placera sensorerna på det hjulparet som har störst benägenhet till att låsa sig vid bromsning. Detta skiftar beroende på hjulupphängning och fjäderarrangemang.

(8) (10)

Lastkompensering

I dagens bromssystem används ofta en lastavkännande ventil som reglerar bromstrycket i förhållande till fordonets nedsänkning vid last. Figur 4.9 visar ett exempel på en enkel lastavkännande ventil.

Trycket till bromscylindern (delivery port), som kontrolleras av den lastavkännande ventilen, beror dels på lufttrycket från fotventilen (inlet port) och positionen på den skjutbara kontrollstaven (control rod) - se figuren.



Figur 4.9 Lastavkännande ventil (4)

Kontrollstavens förskjutning återspeglar fordonets last. Då fordonet är fullastat, befinner sig kontrollstavens hjul (rollers) alldeles intill balanskolvens stav (fork pin).

Ventilen är så konstruerad att när kontrollstaven befinner sig i detta läge, sätts balanskolven ur funktion och trycket i bromscylindern blir detsamma som trycket från fotventilen. (4)

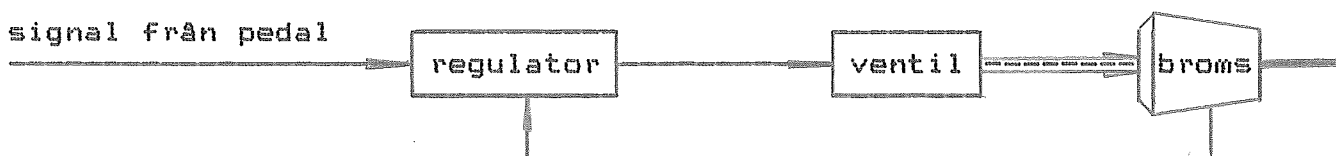
Problemet med denna typ av lastavkännande ventil som påverkas av fordonets nedsänkning är att det ofta finns en viss tröghet i bladfjädrarna. Dessa återgår inte genast till sitt ursprungliga läge vid avlastning vilket medför att bromstrycket blir felreglerat strax efter avlastningen.

Försök har gjorts att använda töjningsgivare som lastsensor.

På axeln placeras töjningsgivare som ger en signal proportionell mot spänningen i axeln och därmed proportionell mot lasten. Signalen från givarna måste sedan gå till en regulator som reglerar bromstrycket.

4.4 Potentiella möjligheter med reglering

Det gemensamma för de tre dynamiska problemen är att de fordrar någon typ av regulator som styr bromstrycket beroende på olika yttre parametrar som pedalläge, last och vägfriktion. Som första steg vore det lämpligt att bygga om det konventionella bromssystemet och införa en återkopplad regulator. Vidare vore det lämpligt att låta signalen från bromspedal till regulator vara elektrisk. Figur 4.10 visar principen.



Figur 4.10 Princip på återkopplat bromssystem

Systemet skulle sedan kunna ligga till grund för mer avancerade system med lastavkännande givare (t ex töjningsgivare) och antihjullåsningssystem.

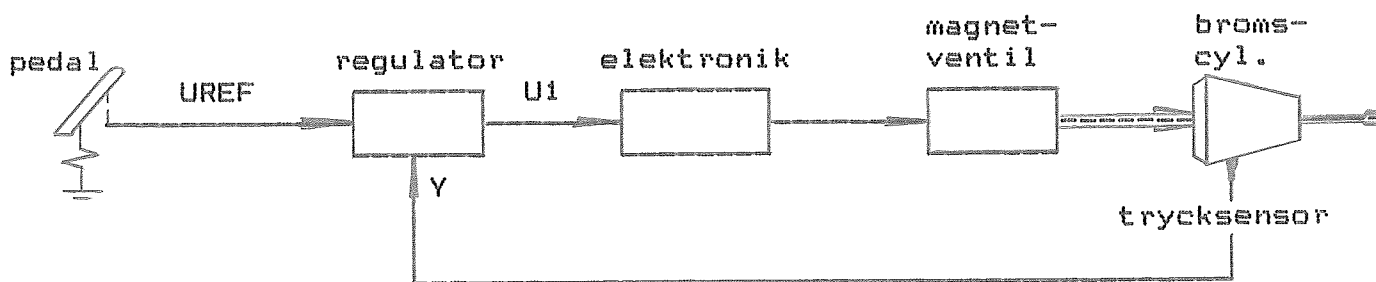
5. ÅTERKOPPLAT BROMSSYSTEM

Det fortsatta arbetet blir att utveckla ett återkopplat bromssystem som först styrs av bromspedalläget och som sedan kan utökas med lastsensorer samt kombineras med hjullåsningssensorer och elektronik till ett låsningsfritt bromssystem.

Arbetet börjar med en principskiss där de olika detaljernas principfunktioner utarbetas och fortsätter med att en matematisk modell av systemet görs som sedan skall stå till grund för en simulering.

5.1 Principskiss

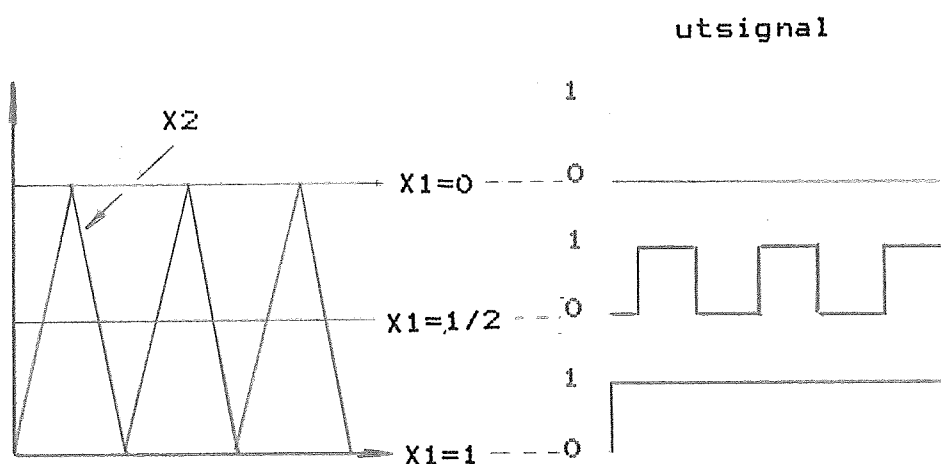
Nedan i figur 5.1 visas principen för systemet. Signalen mellan pedal och regulator är elektrisk.



Figur 5.1 Blockschema över återkopplat bromssystem (princip)

Magnetventilen bör placeras så nära bromscylindern som möjligt för att därigenom minska luftflödets väg. Som regulator väljs en vanlig PID-regulator (det visar sig senare under simuleringen att det räcker med en proportionell regulator).

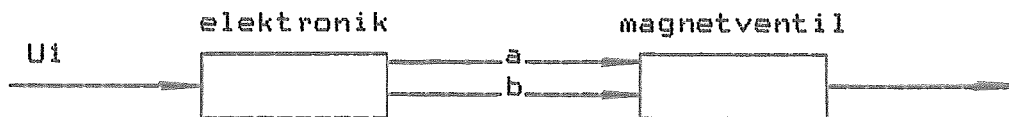
För att möjliggöra noggrannare och mjukare reglering är det lämpligt att låta elektroniken styra magnetventilen medelst pulser vars längd beror på signalen från regulatorn. Detta kan realiseras genom att alstra en trekantsvåg och låta insignalen från regulatorn fungera som diskriminantnivå. Se figur 5.2.



Figur 5.2 Pulsstyrning av magnetventil

Om trekantsvågen (X_2) ligger över diskriminantnivån (X_1) får magnetventilen en signal (etta), om trekantsvågen ligger under diskriminantnivån får magnetventilen ingen signal (nolla).

Vidare måste elektroniken kontrollera insignalens tecken, dvs om bromspedalen trycks ned eller släpps upp. Beroende på tecken aktiveras magnetventilens inlopp eller utlopp.



a: anger tecken d.v.s om trycket ska minska eller öka.
 b: anger öppna eller stäng.

Figur 5.3 Styrelektroniken ger två signaler till magnetventilen

5.2 Modell

För att kunna göra en simulering görs här en approximativ matematisk modell av systemets ingående delar.

Programlistor återfinns i bilaga 4.

Broms

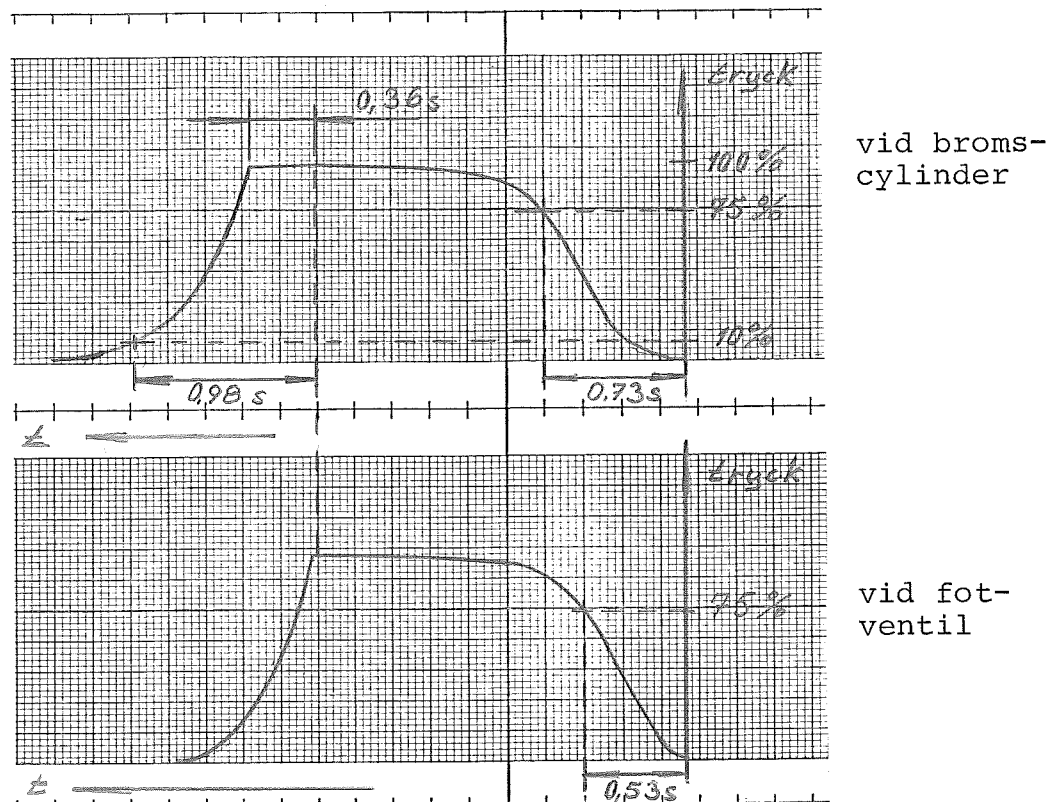
För att få fram bromssystemets stegsvar gjordes ett prov med en Scania bussmodell -67. Bussen var utrustad med ett reläventillöst bromssystem (se figur 4.1, kapitel 4.2).

Stegsvaret blir lite olika för olika bromssystem men det har i princip ingen betydelse för bromsregulatorn annat än att dess parametrar måste justeras beroende på system.

Provutrustningen bestod av två tryckgivare och en skrivare.

Skrivaren registrerar båda givarnas signaler på samma gång och ritar kurvorna.

I figur 5.4 nedan visas de uppmätta stegsvaren.



Figur 5.4 Uppmätta stegsvar

Då signalöverföringen.. från pedal till magnetventilen kommer att bli elektrisk försummas den fördröjning på 0,2 s som uppmättes under provet och som kan ses i figur 5.4 genom att jämföra övre och undre kurvan.

Stegsvaret visar att tryckkuppbyggnaden beter sig som ett andra ordningens system och tryckreduceringen som ett första ordningens system (se bilaga 2, 3).

Tryckuppbbyggnaden kan approximeras med överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{1}{(1 + 0,20 s) (1 + 0,23 s)}$$

vilket ger differentialekvationen

$$\dot{x} + 9,35x + 21,74x - 21,74u = 0$$

där x är trycket och u insignalen.

Omvandling till kanonisk form (observerbar) ger följande utseende:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -9,35x_1 + x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -21,74x_1 + 21,74u \\ y = x_1 \end{cases}$$

där y är trycket och u är insignalen (se bilaga 3).

Tryckreduceringen kan approximeras till överföringsfunktionen:

$$G(s) = \frac{1}{1 + 0,275 s}$$

vilket ger differentialekvationen

$$\dot{x} + 3,64x - 3,64u = 0$$

eller

$$\frac{dx}{dt} = 3,64(u - x)$$

där x är trycket och u är insignalen.

Ventil

Antag att ventilen har en viss tröghet. Detta simuleras med att insignalen till magnetventilen följer ett första ordningens system.

Trögheten approximeras med överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{1}{1 + Ts}$$

vilket ger differentialekvationen

$$\dot{x} + 1/T x - 1/T u = 0$$

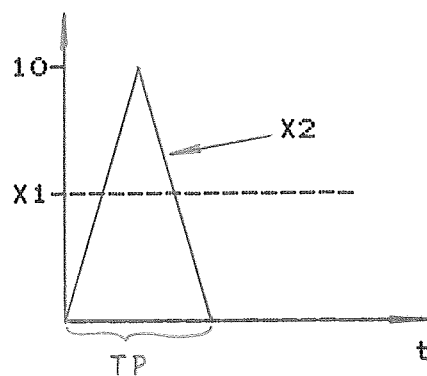
eller

$$\frac{dx}{dt} = 1/T (u - x)$$

där x är insignal från styrelektroniken och u är utsignalen till ventil + bromssystemet. T används som parameter.

Ventilstyrssystem

Trekantsvågen realiserar genom att alstra en ramp som efter halva perioden blir negativ. Jag väljer att använda signaler som går mellan 0-10. Därför sätts trekantsvågens amplitud till 10.



x_1 : diskriminantnivå

x_2 : triangelvåg

TP: periodtid

Detta betyder att $x_2 = 10 \frac{t}{TP/2} = 20 \frac{t}{TP}$ eller $-20 \frac{t}{TP}$ vilket ger

$$\frac{dx_2}{dt} = \begin{cases} 20/TP & \text{för } 0 < t < TP/2 \\ -20/TP & \text{för } TP/2 < t < TP \end{cases}$$

Diskriminantnivån $x_1 = 10 - |U_1|$, vilket ger

$$\frac{dx_1}{dt} = 0$$

U_1 är signalen från regulatorn.

Ett diskret system med en samplingstid lika med periodtiden skapas i Simnon för att initiera trekantsvågen och för att uppdatera diskriminantnivån i simuleringen.

Regulator

Vi använder för simuleringsmodellen en samplad PID-regulator med en samplingstid lika med triangelvågens periodtid.

Utsignalen från en diskret PID-regulator är:

$$U_1 = K(E_n + \frac{1}{T_i} \sum_0^n E(k) \Delta t + T_d \cdot \frac{E_n - E_{n-1}}{\Delta t})$$

där K är förstärkningen, E är felet, T_i och T_d är tidskonstanterna för integrering respektive derivering, Δt är samplingstiden.

$$\text{Med } \begin{cases} I_n = \frac{1}{T_i} \sum_0^n E(k) \Delta t = I_{n-1} + \frac{\Delta t}{T_i} E \\ D_n = \frac{T_d}{\Delta t} (E_n - E_{n-1}) \end{cases}$$

$$\text{fås } U_1 = K(E_n + I_n + D_n)$$

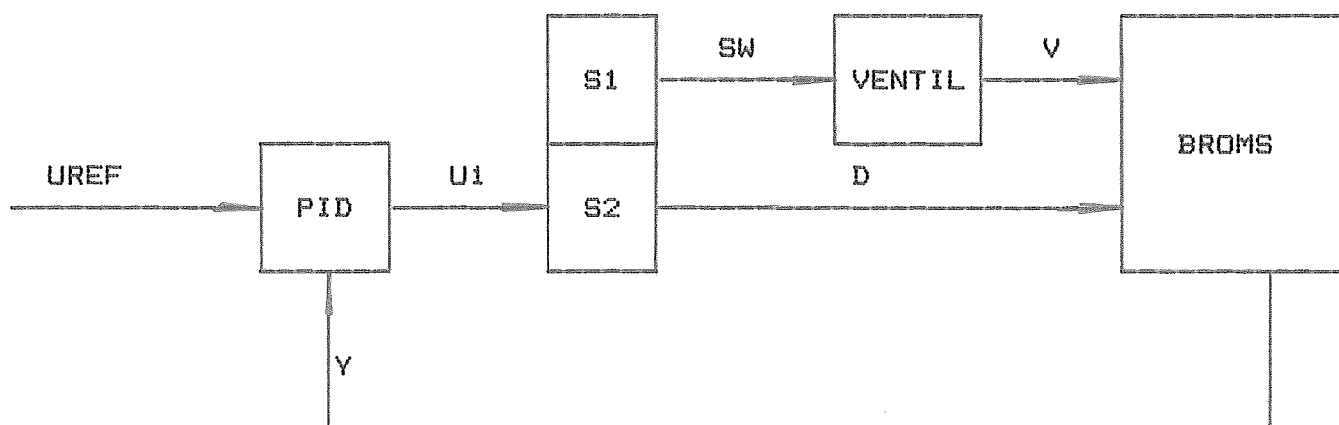
Utsignalen U1 får ej bli större än 10 (som i denna modellen betyder 100% tryck, dvs fullt tryck) eftersom bromssystemet ej kan leverera mer än det tryck som finns i lufttanken.

(18) (19) (20)

6. SIMULERING

Modellen simuleras med Simnon programpaket på Institutionen för reglerteknik på Lunds Tekniska Högskola.

Programmet körs för olika parametrar, resultatet utvärderas sedan med hänsyn till vad som är rimligt speciellt vad gäller triangelvågens frekvens. Hög frekvens fordrar snabba ventiler och ju snabbare ventilen är, desto dyrare blir den.

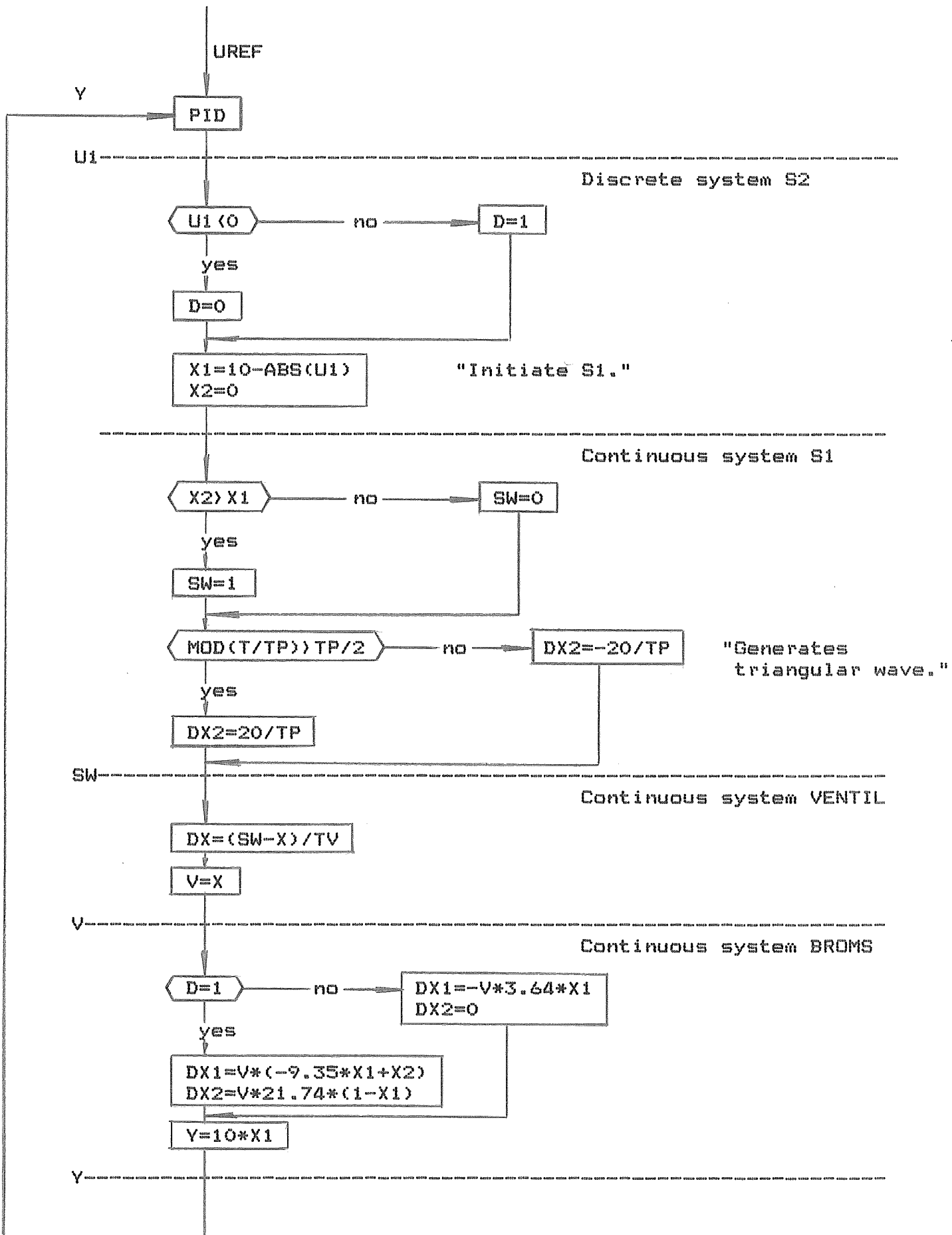
6.1 Blockschema

- UREF = Signal från fotpedalen
 PID = Regulator, utsignal U1
 S1 = Genererar trekantstvågen, utsignal SW (0 eller 1)
 S2 = Kontrollerar tecknet på U1 och initierar S1, utsignal D (0 eller 1)
 VENTIL = Simulerar en fördröjning i ventilen, utsignal V (0-1)
 BROMS = Simulerar ventil + bromssystemet, utsignal Y (0-10)

Modellens parametrar:

- referenssignal UREF
- förstärkning K
- integrationskonstant TI
- derivationskonstant TD
- ventilens tröghetskonstant TV
- trekantsvågens period TP

Programlistor finns i bilaga 4.



6.3 Resultat

Det har visat sig under simuleringen att varken integrering eller derivering behövs i regulatorn utan systemet är både snabbt och stabilt med enbart proportionell reglering. Detta betyder att de återstående variabla parametrarna är:

- referenssignal: UREF
- period: TP
- ventilkonstanten: TV
- förstärkningen: K

Fortsättningsvis följer ett antal kurvor där dessa parametrar ändras.

Diagrammens horisontella axel är tiden och den vertikala är trycket i bromscylindern i procent av maxtrycket (10 står för 100% och 5 för 50% av maxtrycket).

Simuleringarna är uppdelade i serier (serie 1-4) där modellen simuleras för referenstrycket (UREF) 60% av maxtrycket medan övriga parametrar varierar.

Serie 1:	PERIOD = 0,1	TV = 0,001	K = 5-10
Serie 2:	PERIOD = 0,05	TV = 0,001	K = 10-20
Serie 3:	PERIOD = 0,05	TV = 0,01	K = 5-15
Serie 4:	PERIOD = 0,05	TV = 0,05	K = 5-10

Diagrammen visar referenstrycket UREF, bromstrycket Y och ventilsignalen V (se blockschema kapitel 6.1).

Sedan följer ett diagram (diagram 12) där det återkopplade och det konventionella systemet simuleras för olika förstärkningar K.

Diagram 13 illustrerar styrelektronikens arbetssätt.

Förfarandet vid simuleringen av serie 1-4 är detsamma, dvs mellan 0 och 1 sekund ökar trycket till referensvärdet, efter 1 sekund sätts referensvärdet till noll och tryckreduceringen börjar.

För att kunna jämföra tidskonstanterna räknas dessa ut på samma sätt som i de svenska bestämmelserna, se figur 4,5.

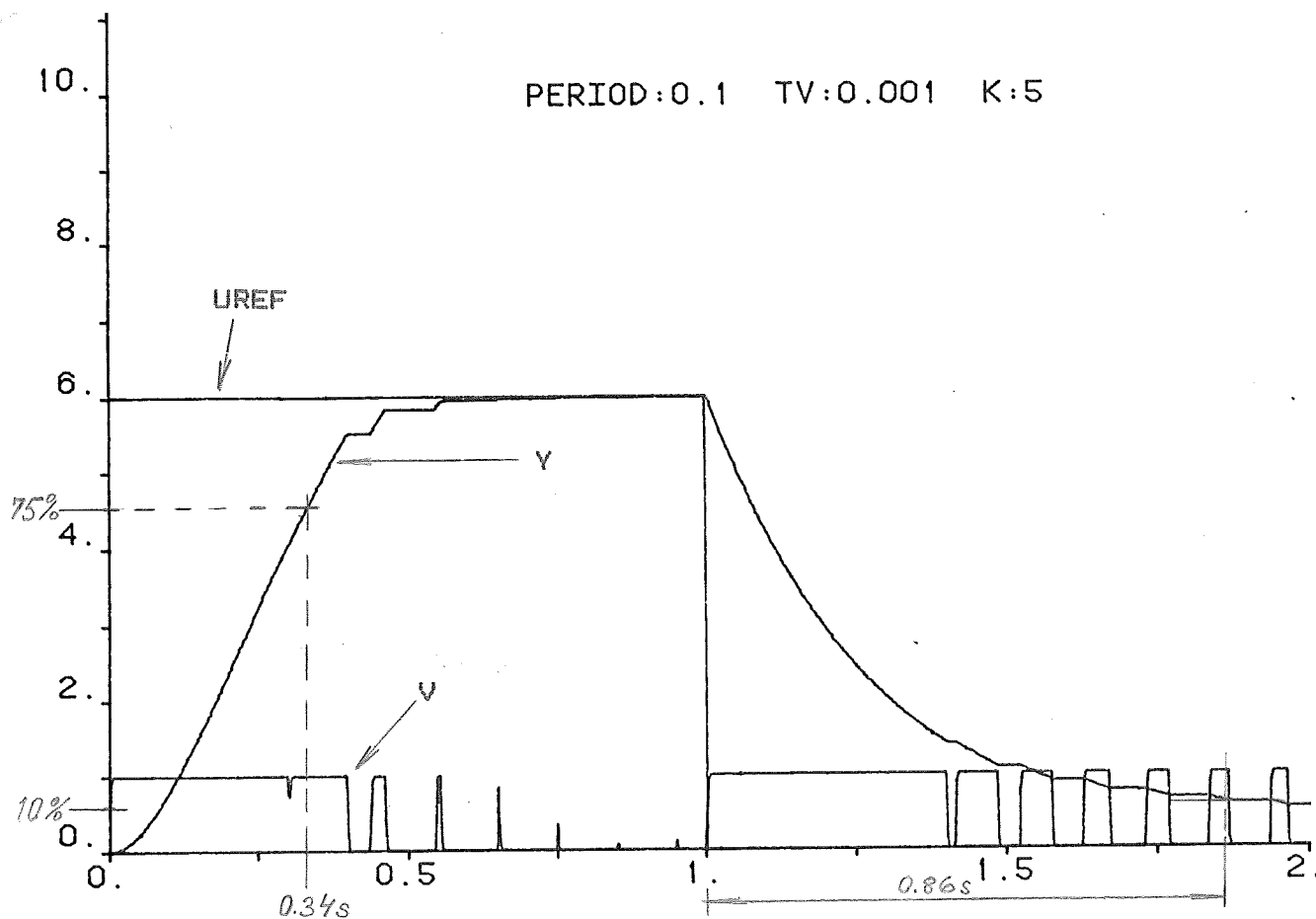
Man bör sträva efter en jämn tryckuppbyggnad och tryckreducering och alla över- eller underslängar bör undvikas.

Serie 1: Lång period, snabb ventil

PERIOD = 0,1 s

TV = 0,001

K = 5-10

Diagram 1

Distinkta trappsteg i tryckkurvan visar när ventilen pulserar.

På 0,34 s är bromstrycket uppe i 75% av referenstrycket och det kan inte gå fortare med det systemet som stått som modell för simuleringen. Dessa 0,34 s beror enbart

på ventilernas tröghet och ledningarnas längder och dimensioner.

Motsvarande tid för det konventionella systemet är 0,6 s (se diagram 12).

Tryckreduceringstiden (eller lossningstiden) är ganska lång, 0,86 s.

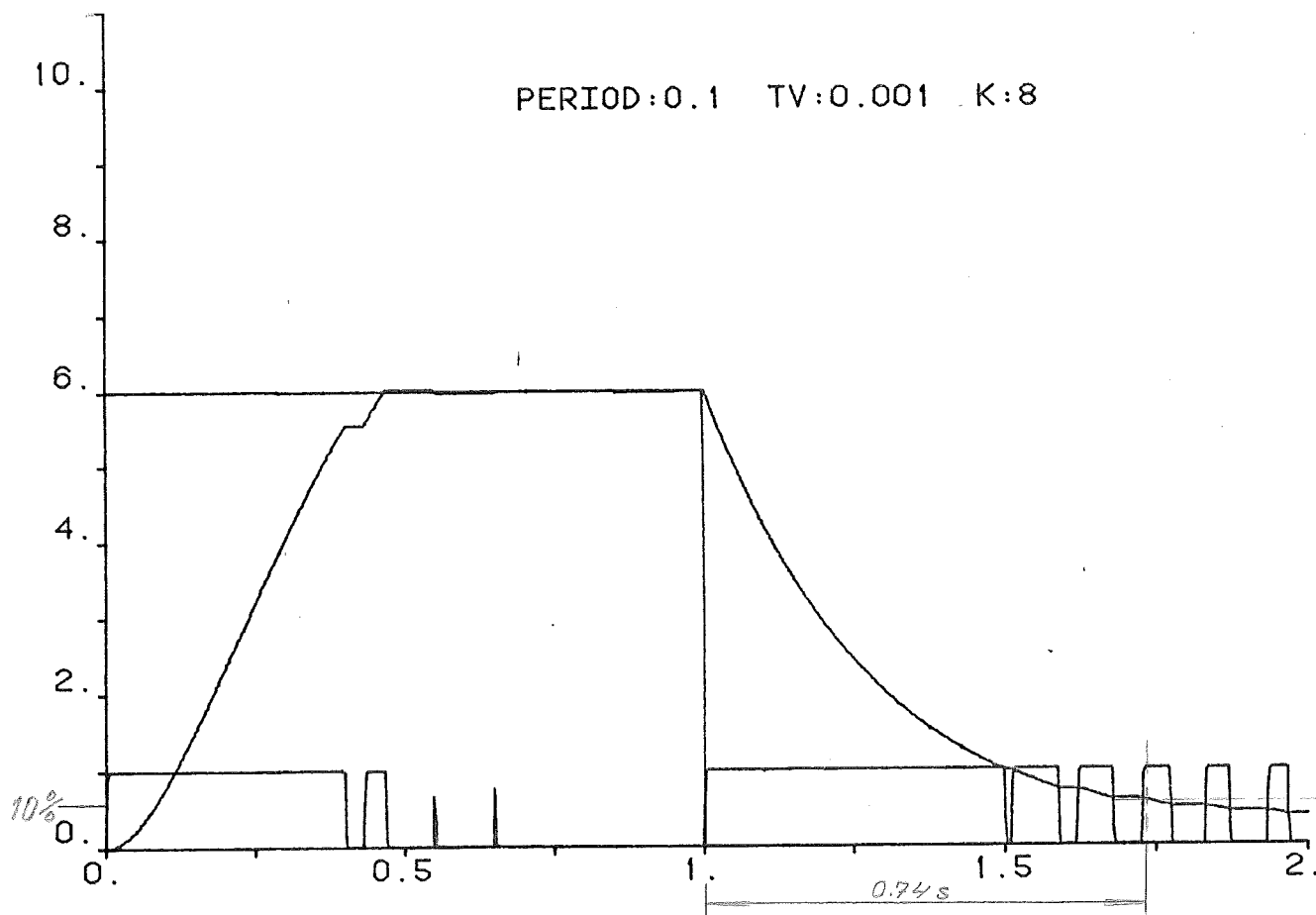


Diagram 2

Förstärkningen ökas till $K = 8$.

Tiden upp till 75% av referenssignalen är densamma som för $K = 5$ (diagram 1), däremot är tryckreduceringstiden, tiden från det att tryckreduceringen har börjat tills dess att 10% av referenstrycket återstår, lite kortare.

Observera att tryckreduceringstiden aldrig kan bli snabbare med det återkopplade än med det konventionella systemet, snarare tvärtom.

Med $K = 8$ tar tryckreduceringen 0,74 s och motsvarande tid för det konventionella systemet är ca 0,65 s.

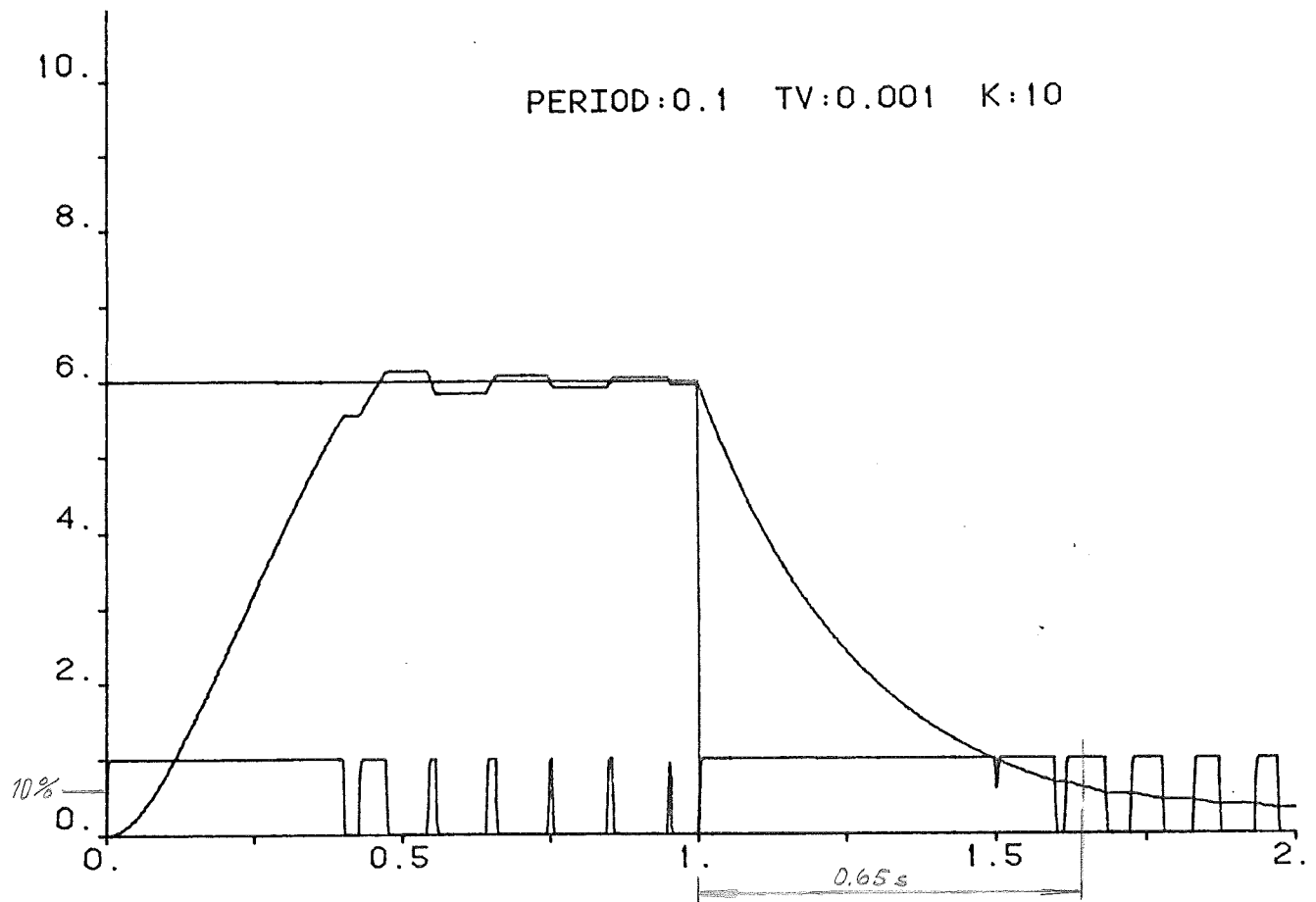


Diagram 3

Förstärkningen ökas till $K = 10$.

Förstärkningen är för hög, vi får en liten översläng.

Tryckreduceringen blir dock snabbare, 0,65 s.

Serie 2: Kort period, snabb ventil

PERIOD = 0,05

TV = 0,001

K = 10-20

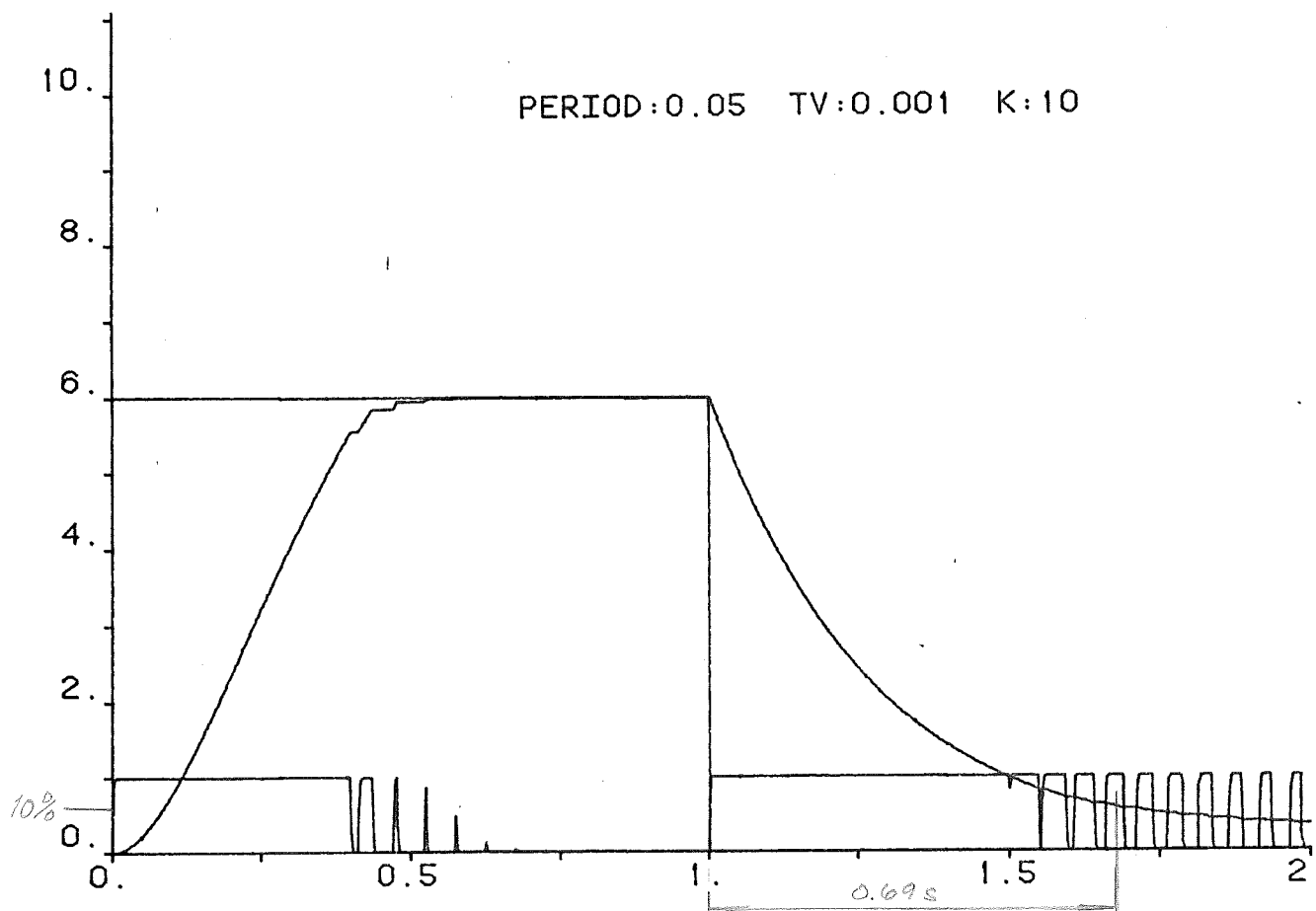


Diagram 4

Triangelvågens period har nu minskats till 0,05 s och en ny serie simuleringar görs.

Diagrammet visar att systemet blir stabilare för kortare periodtider och det blir ingen översläng vid förstärkningen $K = 10$.

Tryckreduceringen tar 0,69 s.

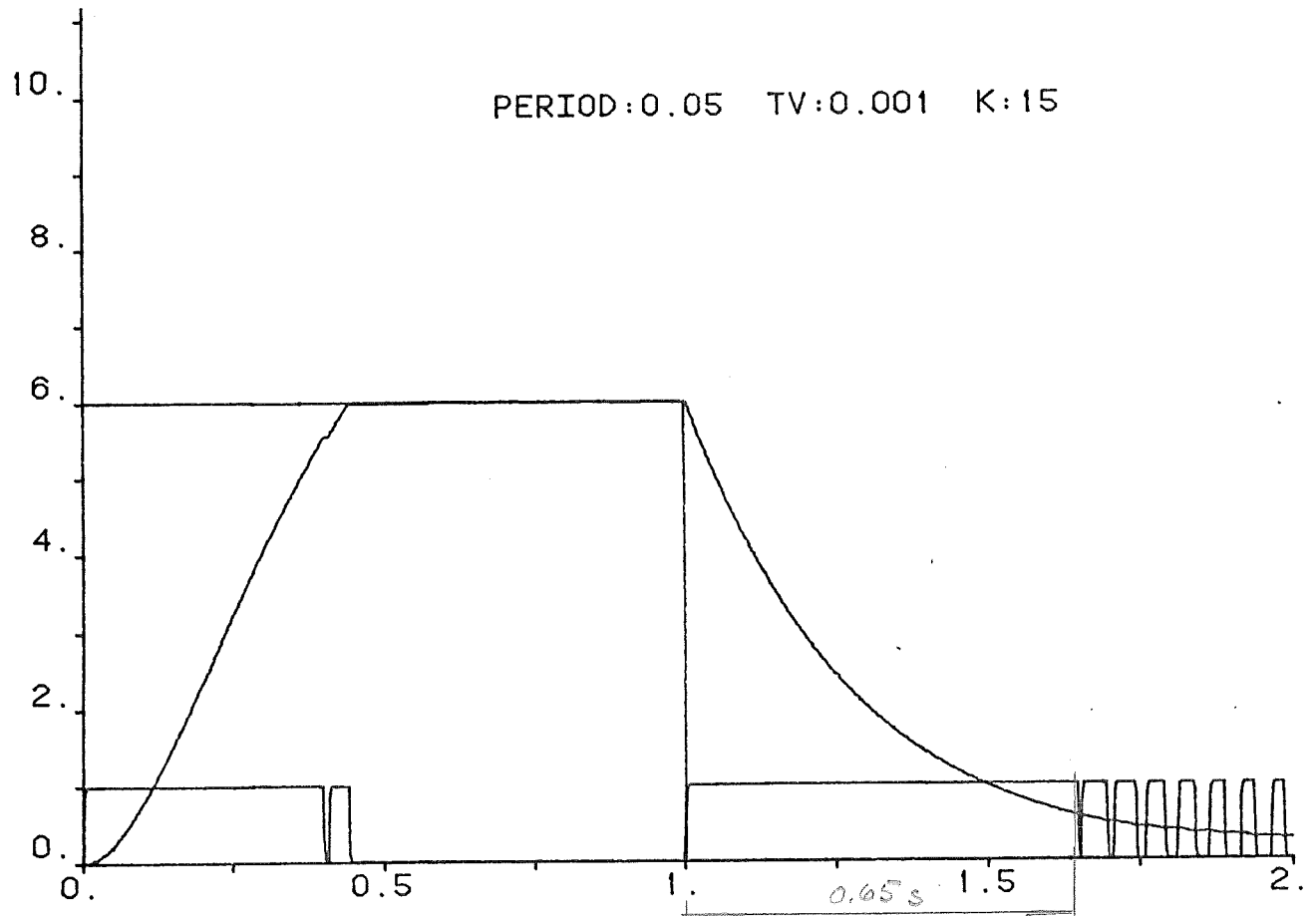


Diagram 5

Även med förstärkningen $K = 15$ blir det ingen över-
släng, dock uppträder en liten översläng vid lägre
referenstryck.

Tryckreduceringen tar 0,65 s och kan för detta syste-
met ej bli snabbare. I diagrammet ser man att ventilen
inte börjar pulsera förrän trycket är under 10% av
referenstrycket.

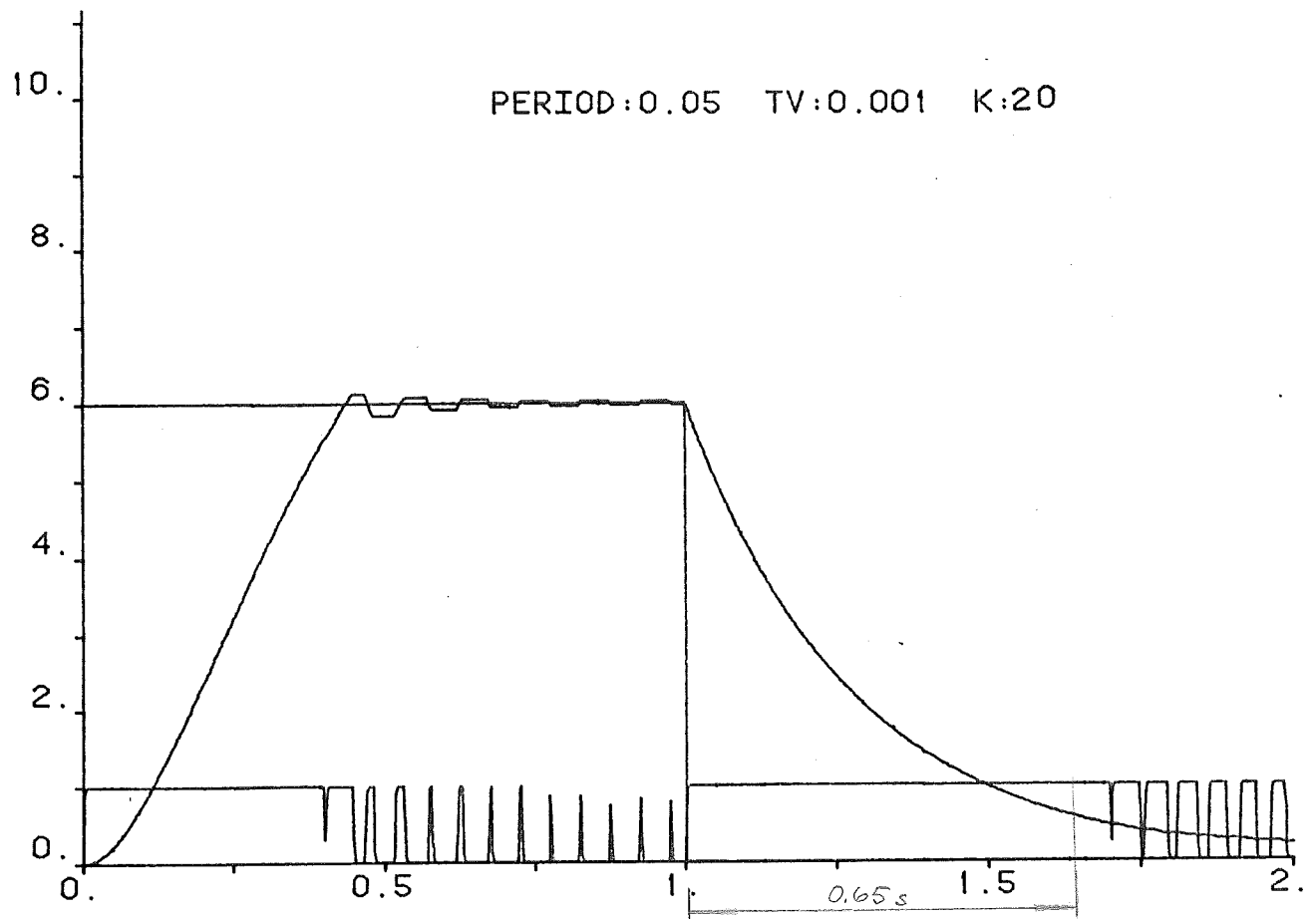


Diagram 6

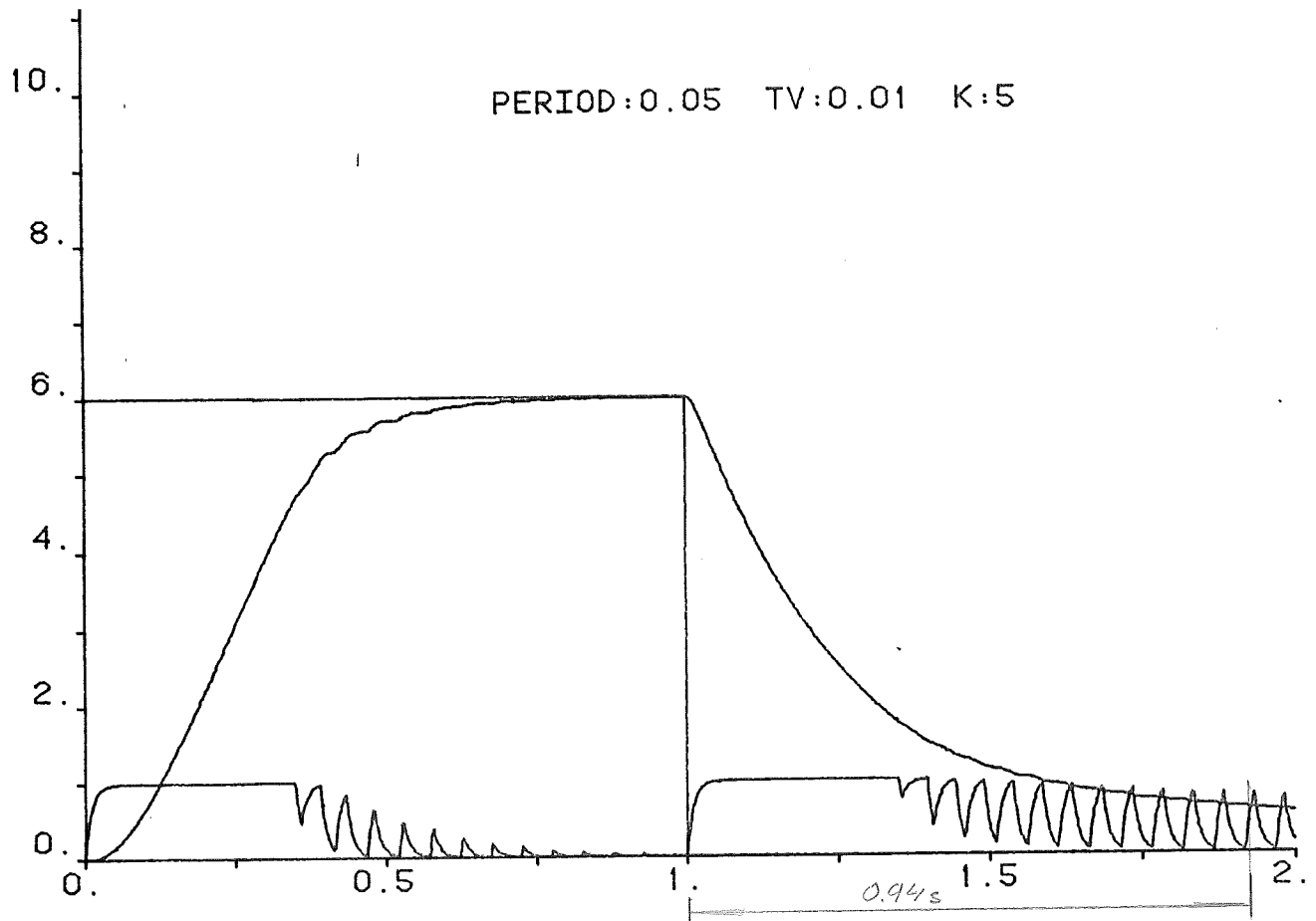
Förstärkningen $K = 20$ är för hög, en översläng uppträder.

Serie 3: Kort period, långsam ventil

PERIOD = 0,05

TV = 0,01

K = 5-15

Diagram 7

Ventilkonstanten TV har nu ökat från 0,001 till 0,01, dvs vi simulerar en trögare ventil.

Man kan se att ventilen inte riktigt "hinner med" men regleringen fungerar ändå.

Tryckreduceringstiden är 0,94 s vilket är oacceptabelt, de svenska bestämmelserna kräver max 0,8 s.

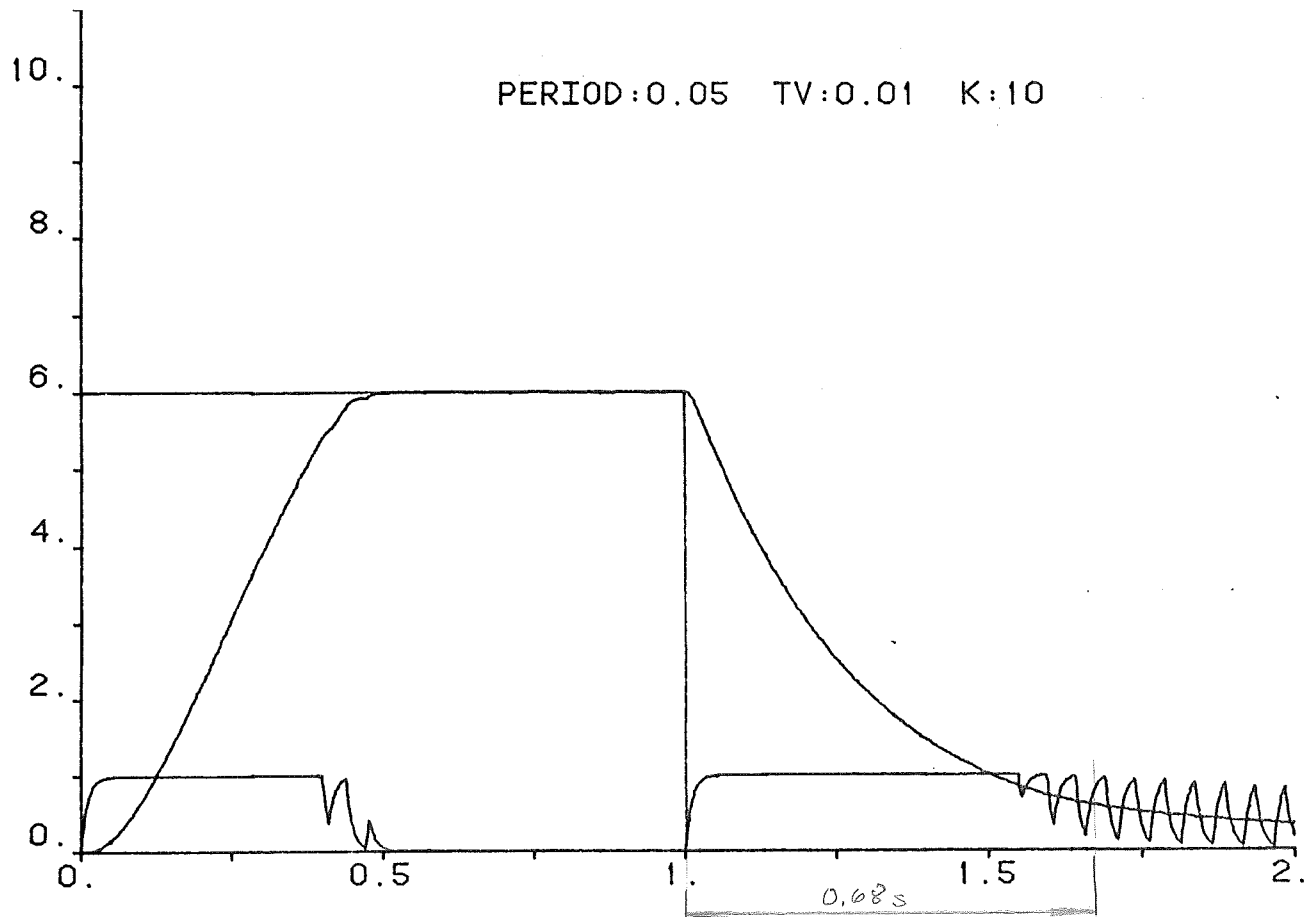


Diagram 8

Med förstärkningen $K = 10$ blir tryckreduceringstiden 0,68 s.

Med tanke på ventilens tröghet får denna parameterkombination räknas som ett av de bästa alternativen.

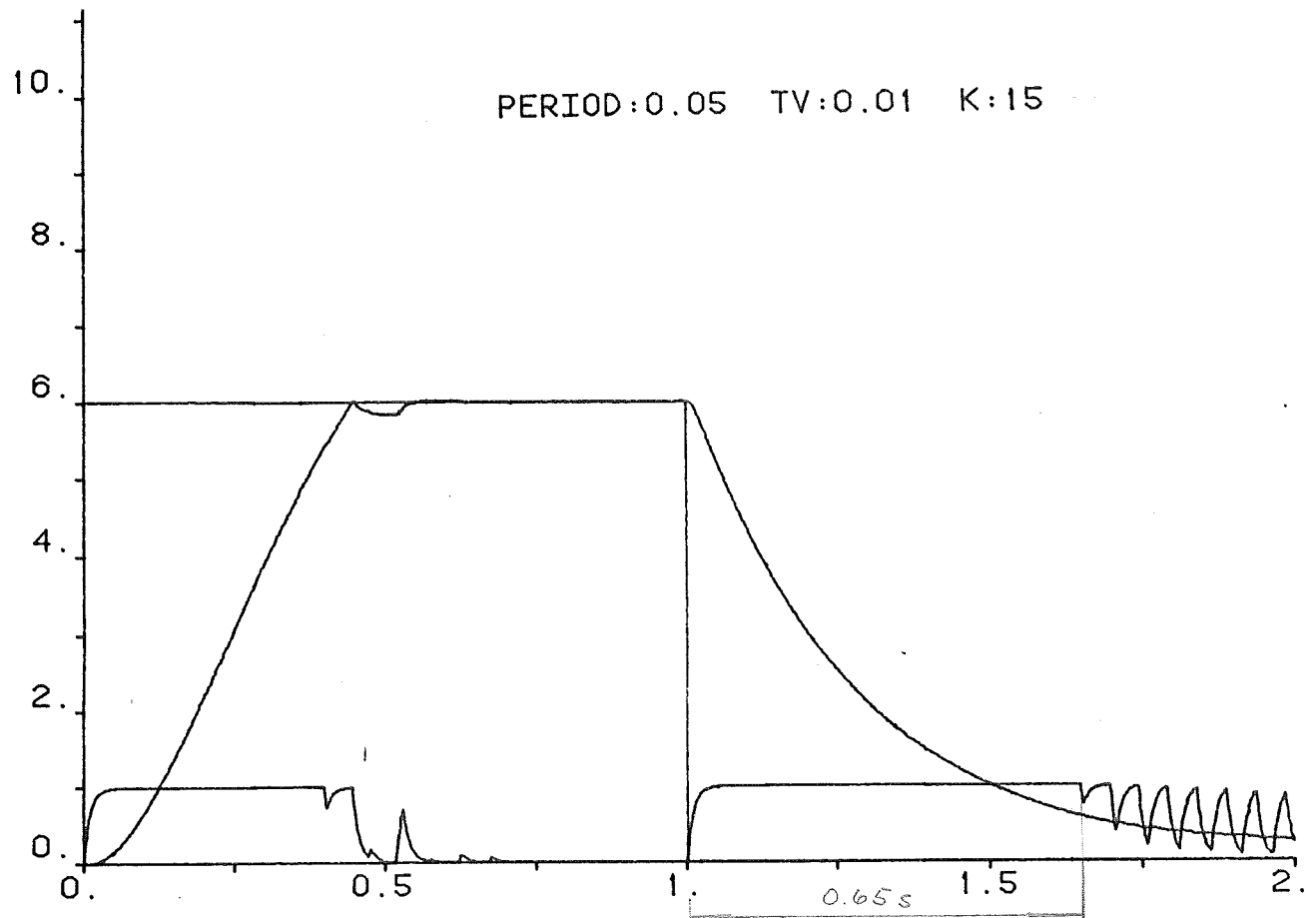


Diagram 9

Man kan här observera en tendens till undersläng, dvs förstärkningen $K = 15$ börjar bli för hög.

Tryckreduceringstiden är 0,65 s.

Serie 4: Kort period, mycket långsam ventil

PERIOD = 0,05

TV = 0,05

K = 5-10

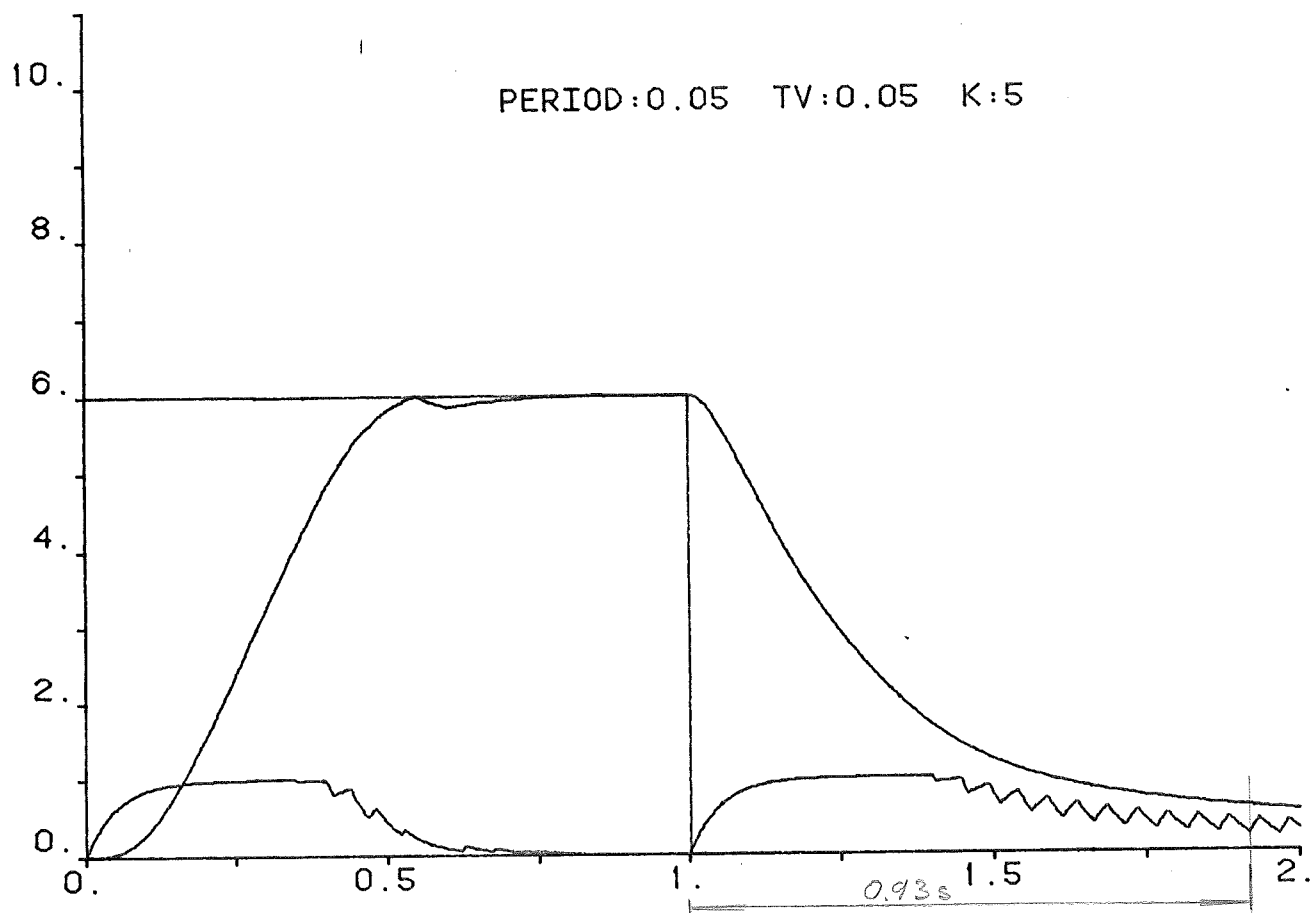


Diagram 10

Ventilens tröghet ökas ytterligare och diagrammet visar att en tendens till undersläng uppstår redan vid förstärkningen $K = 5$.

Tryckreduceringstiden är 0,93 s.

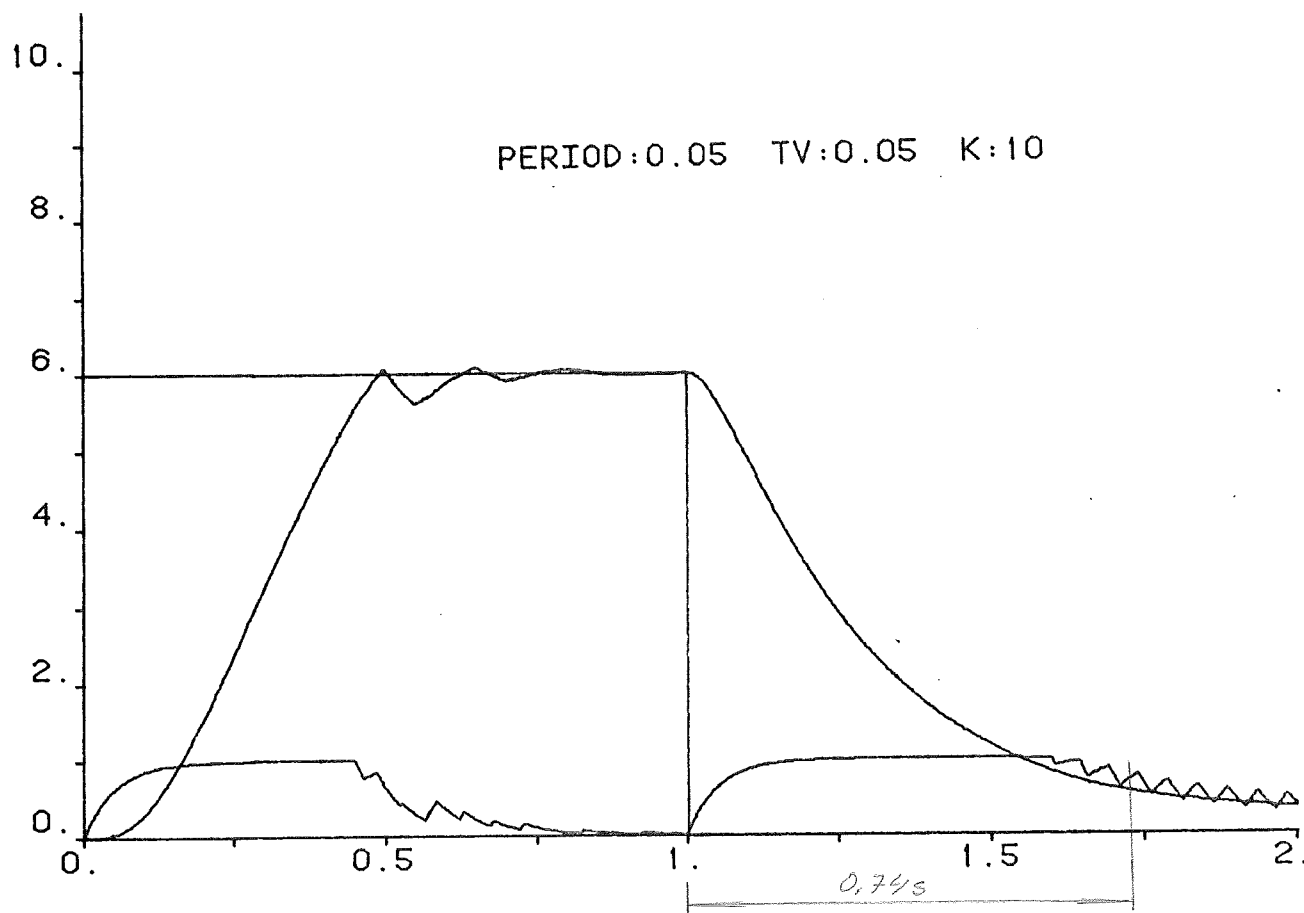


Diagram 11

Förstärkningen ökas ytterligare och klara över- och underslängar uppstår.

Tryckreduceringstiden är 0,74 s.

Ventilens tröghet är för stor i förhållande till periodtiden. Med en längre periodtid hinner ventilen ställa om sig men å andra sidan innebär en längre periodtid att förstärkningen inte kan bli så hög vilket inverkar negativt, framför allt på tryckreduceringstiden.

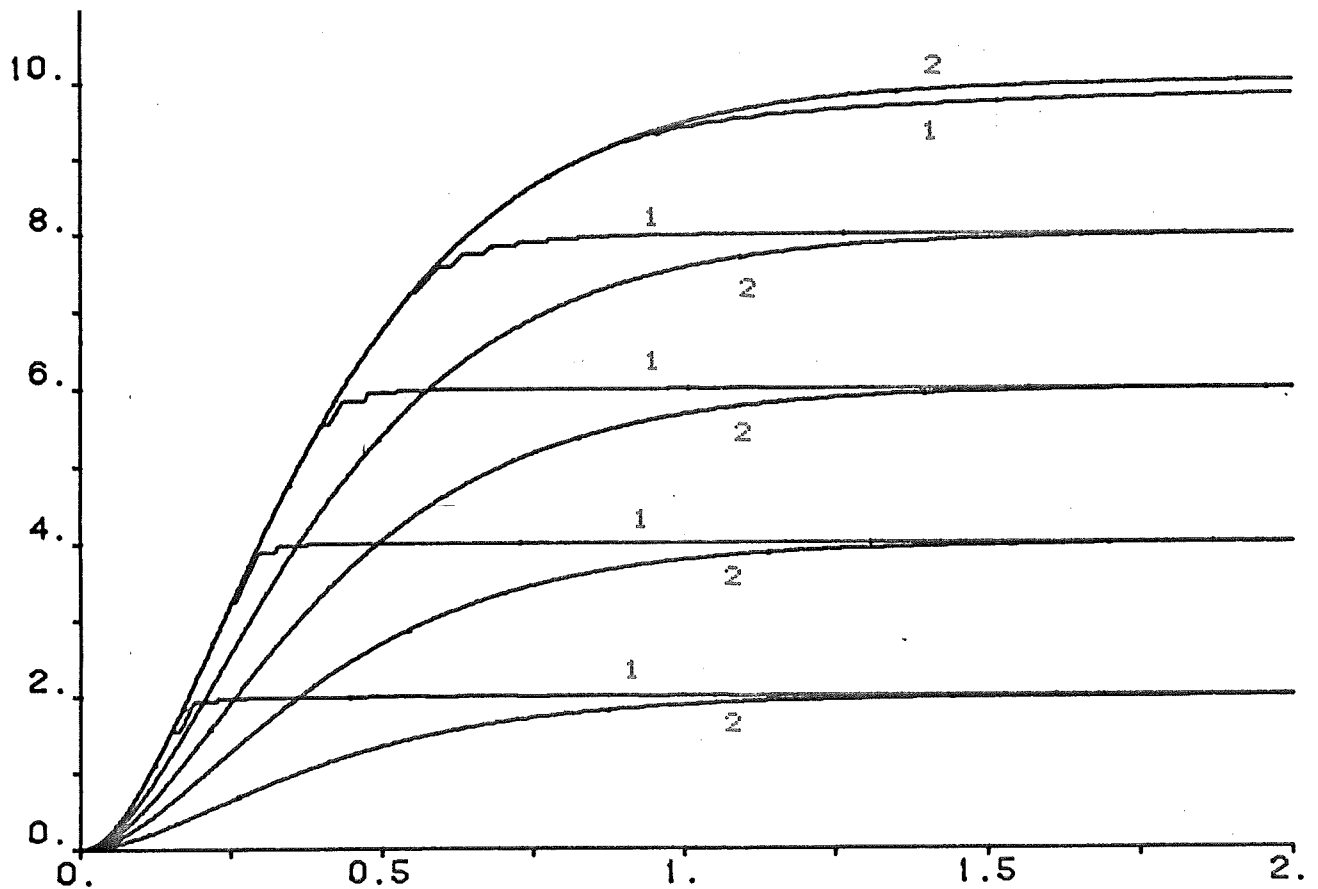


Diagram 12 (1): återkopplat system
(2): konventionellt system

Diagrammet visar skillnaden mellan det återkopplade och det konventionella systemet för olika referensstryck.

Det återkopplade systemet har samma parametrar som i diagram 4.

Vid referenstrycket 100% (10 i diagrammet) ser man att det återkopplade systemets kurva ligger under det konventionella systemets, vilket förorsakas av den pulserande ventilen. Med en integrerande del i regulatorn kan denna fördröjning elimineras.

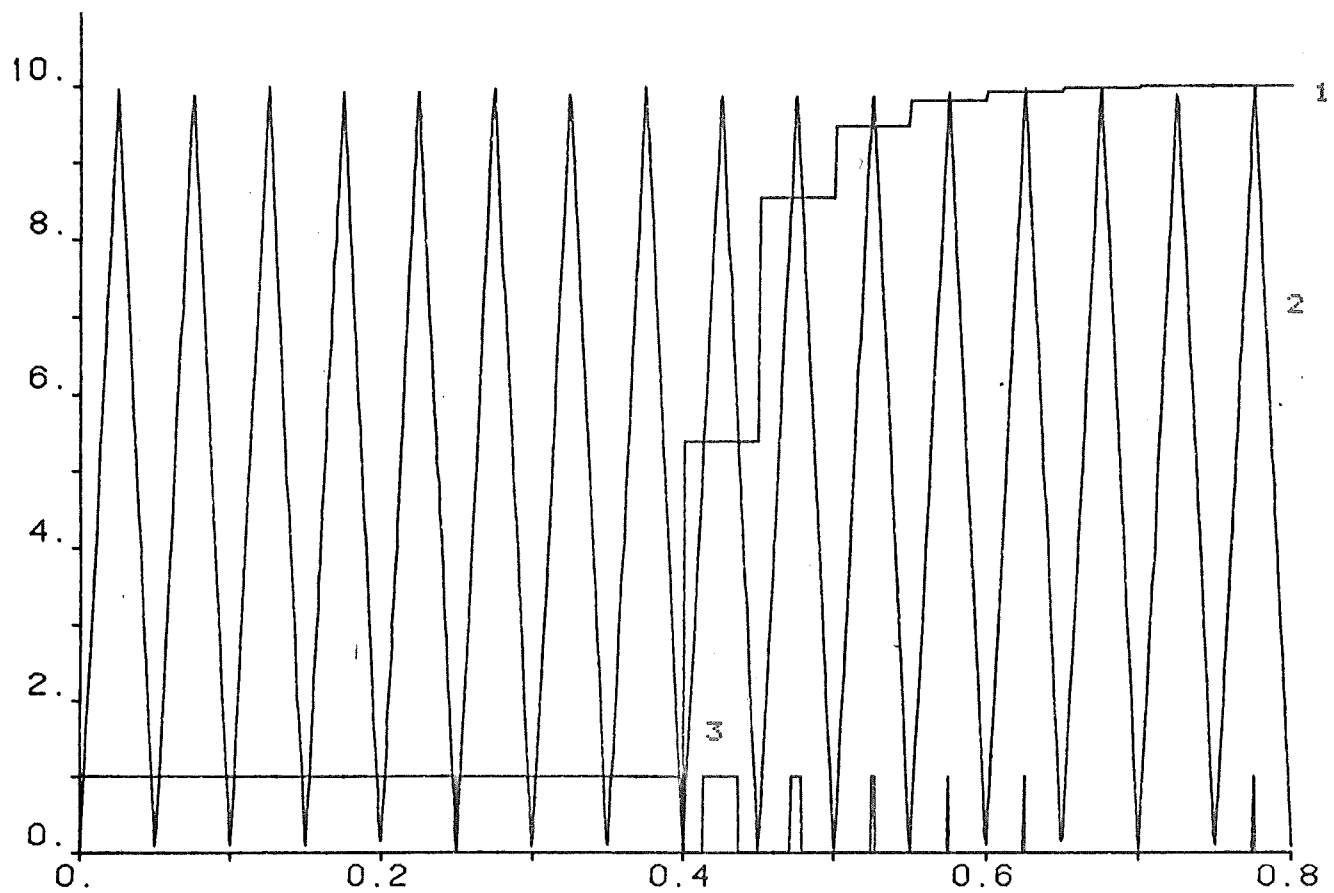


Diagram 13

Diagram 13 illustrerar styrelektronikens arbetssätt:

1. Diskriminantnivå
2. Trekantsvåg
3. Pulssignal

Fram till tiden 0,4 s är diskriminantnivån noll, sedan ökar den successivt och pulserna blir kortare tills de slutligen upphör.

7. SLUTSATSER

7.1 Allmänt

Elektronik tillämpas och kommer att tillämpas i stor omfattning i framtidens fordon.

De ökade bränslekostnaderna och de strängare avgasreglerna har medfört att forskningen inriktats på att förbättra driftsekonomin. Således är det i dagens läge främst i motorn man finner de flesta tillämpningar av elektroniska system.

Motorreglersystem avseende tändning, bränsletillförsel och avgaser finns idag.

Komplexa digitala motorövervakningssystem är redan introducerade i USA samt i vissa europeiska lyxbilar.

Vidare finns även säkerhetssystem som låsningsfria bromsar, men dessa är både dyra och komplicerade och de väntas ej få någon större spridning förrän under 1990-talet.

Totala system för optimering av kraftöverföring har utvecklats för tunga militärfordon, medan tillämpningen för kommersiellt ändamål kommer att dröja.

Den explosiva mikrodatorutvecklingen innebär mycket stort antal möjligheter för framtidens fordon. Men ett fordons hårda miljö med fukt, smuts, kemikalier, elektromagnetiska störningar, vibrationer osv, ställer till problem för systemens pålitlighet. Dagens verkstadspersonal är dessutom inte utbildade på elektronik vilket skapar serviceproblem.

7.2 Bromssystem

Dagens kommersiella pneumatiska bromssystem är oftast helt mekaniska och tämligen pålitliga, men vissa problem finns dock, bl a följande dynamiska:

1. Hjullåsning
2. Fördröjning
3. Lastkompensering

Ett av sätten att närma sig dessa tre problem är att konstruera om bromssystemet och införa någon typ av tryckreglering.

Av simuleringarnas resultat kan det konstateras att det återkopplade systemet teoretiskt fungerar och att tryckuppbyggnaden blir klart snabbare.

Det räcker med en vanlig proportionell regulator, någon integrerings- eller deriveringsdel behövs ej.

Det visar sig att det är viktigt att förstärkningen K tillåts vara så hög som möjligt, annars har tryckreduceringen en tendens att ta lång tid. Men å andra sidan är det, av självklara skäl, viktigt att inga över- respektive underslängar uppträder.

Kort periodtid på styrelektroniken i kombination med en snabb ventil ger möjligheter till höga förstärkningar utan att över- respektive underslängar bildas. Men av ekonomiska skäl bör man sträva efter ett system som ej kräver för snabba ventiler och simuleringarna ger här en fingervisning om lämpliga kompromisslösningar.

7.3 Utvecklingsmöjligheter

Det återkopplade bromssystemet ger möjligheter till utveckling och komplettering så att både lastkompensering och ett låsningsfritt system kan fås.

Lastkompensering kan t ex förverkligas genom att en lastgivare (t ex töjningsgivare på fordonets axlar) påverkar referenssignalen från förarens bromspedal så att denna ökar vid ökad last eller som påverkar den återkopplade signalen så att denna minskas vid ökad last.

Utvecklandet av ett låsningsfritt bromssystem är mer komplicerad och hänsyn måste tas till flera faktorer. En mikrodator som kontrollerar hjullåsningstendenser kan på samma sätt som vid lastkompensering påverka referenssignalen eller den återkopplade signalen. Ett annat sätt är att utöka regulatorn till att omfatta även en hjullåsningreglerande algoritm.

7.4 Rekommendationer till fortsatt arbete

Innan några fler slutsatser kan dras måste en laboratoriemodell byggas, utgående från simuleringarnas resultat, för att därigenom möjliggöra fler och noggrannare försök.

REFERENSLISTA.

- (1) Bergström Arne
"Elektroniken kommer i bilar."
Modern elektronik nr 10 1981.
- (2) Brungs Siegfried
"Antiblockiersystem (ABS) serienreif."
Knorr-Heute sept. 1981.
- (3) Blevins Jerry R , Stephan John J
"Electronic engine control for heavy duty trucks."
(811254) Society of Automotive Engineers SP-505 nov-81.
- (4) Homewood M N
"Air brake technology."
bok
- (5) Schaefer G W
"Microprocessor controls for truck and bus transmissions."
(811255) Society of Automotive Engineers SP-505 nov-81.
- (6) Smith Lionel
"Microcomputer technology for truck and vehicle application."
(811250) Society of Automotive Engineers SP-505 nov-81.
- (7) Tamme Tiit
"Nu är låsningsfria lastbilsbromsen här."
Lastbilen nr 2 1982.
- (8) "Mercedes först ute med låsningsfria bromsar."
Lastbilen nr 3 1981
- (9) "Engine Controls become more cost effective."
Society of Automotive Engineers 89,no8,1981.
- (10) "Truck brakes apply tandem antilock."
Society of Automotive Engineers jan 1978.
- (11) "Elektronikindustrin i Sverige del4 Fordonselektronik."
Utredning, SIND,Statens industriverk 1981:6.
- (12) Öberg Ulf
"Elektronik i fordon."
STU information nr 278-1982.

- (13) Yarkoni Barry , Wharton John
"Designing reliable software for automotive applications."
Society of Automotive Engineers SP-440 feb/mars-79.
- (14) Scania lastbilsbroschyren.
broschyr.
- (15) "Wabco anti-blockier-system".
broschyr.
- (16) Volvo service handböcker.
- (17) "Antiblockiersystem ABS lastwagen und omnibus".
Mercedes Benz service handbok sept. 1981.

Referenser för simuleringsmodell.

- (18) Aström K J
"Reglerteori."
Almqvist & Wiksell, 2 uppl.
- (19) Simnon manual.
Institutionen för reglerteknik,LTH.
- (20) Kursmaterial från Systemteknik och
Datorer i reglersystem 1.
Institutionen för reglerteknik,LTH.

Allmänna referenser.

- (21) Byrne Peter , Moore F Desmond
"Self adaptive anti-skid braking system."
Society of Automotive Engineers feb/march 1979.
- (22) Fuchs Dietrich
"ABS für Nutzfahrzeuge."
Automobiltechnische Zeitschrift 83(1981)9.

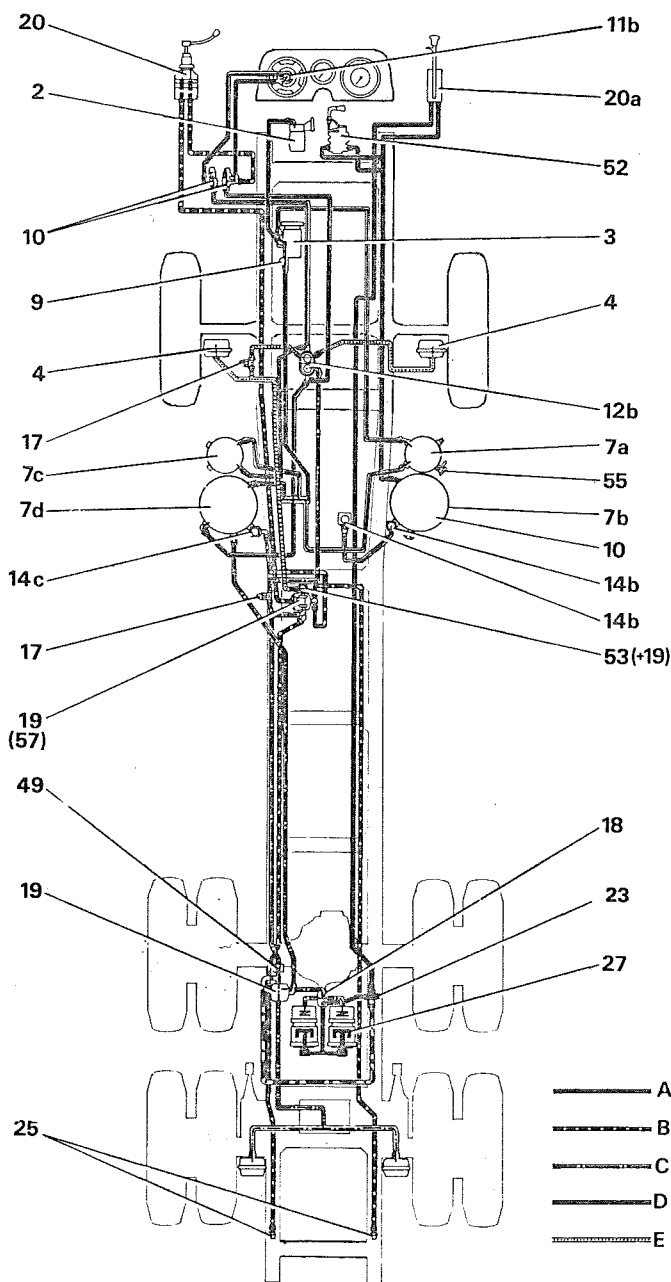
- (23) Mischke Arthur
"Aufbau und wirkung des antiblockiersystems
ABS fur nutzfahrzeuge."
Automobiltechnische Zeitschrift 83(1981)9.
- (24) Dunlop Maxaret Anti-skid systems.
Technical information manual.
- (25) ISATA Proceedings 1981.
- (26) "Anti-lock braking."
Society of Automotive Engineers feb/march 1979.
- (27) "Bendix anti-lock brake systems."
Society of Automotive Engineers feb/march 1979.

B I L A G O R

BROMSSYSTEMET

Scania lastbilar är försedda med direktverkande tryckluftbromsar. Bromssystemet är ett tvåkretssystem, där fram- och bakhjulsbromsarna manövreras med två från varandra skilda manöversystem. Dessutom finns en tredje krets, parkeringsbromskretsen, som även kan användas som nödbroms.

Bromssystemet är vidare uppdelat i matar- och manöversystem. Matarsystemet har till uppgift att leverera och magasinera tryckluft. Manöversystemets uppgift är att ansätta bromsarna.



- 2. Frysskyddsanordning
- 3. Kompressor
- 4. Bromscyliner
- 7a Tryckluftsbehållare, våt
- 7b " parkeringsbroms
- 7c " framkrets
- 7d " bakkrets
- 9. Tryckregulator
- 10. Lågtrycksindikator
- 11b Bromstrycksmätare (dubbelmanometer)
- 12b Färdbromsventil
- 14b Tryckregleringsventil 4,2 bar
- 14c " 3,4 bar
- 17. Stoppljuskontakt
- 18. Snabblossningsventil
- 19. Reläventil
- 20. Handreglageventil, släpfordonsbroms
- 20a " , parkeringsbroms
- 23. Dubbel backventil
- 25. Kopplingshuvud
- 27. Fjäderbromscyliner
- 49. Lastkännande ventil
- 52. Spärrventil
- 53. Trevägsventil
- 55. Mätuttag
- 57. Tryckhöjande reläventil

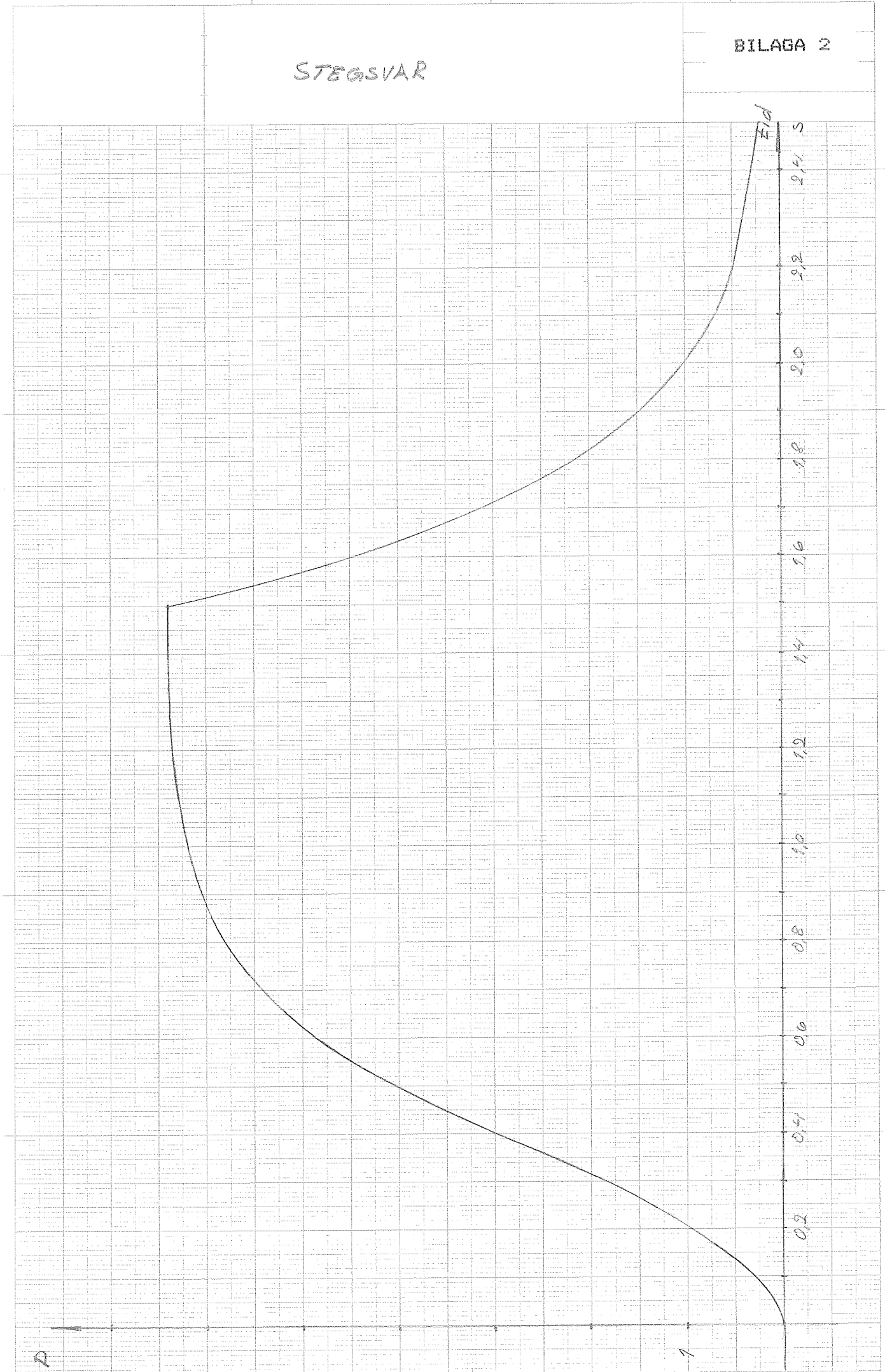
- A. Matarledning
- B. Släpfordonsbroms, manöver
- C. Bakkrets, manöver
- D. Parkeringsbroms, manöver
- E. Framkrets, manöver

Fig 1. Principbild, bromssystem

3200-1487

STEGSVAR

BILAGA 2



BILAGA 3.

Stegsvaret (bilaga 2) visar att tryckuppbyggnaden kan approximeras med ett andra ordningens system och tryckreduceringen med ett första ordningens system.

Tryckuppbyggnaden:

Överföringsfunktionen approximeras med:

$$G(s) = \frac{1}{(1+T_1s)(1+T_2s)}$$

vilket ger stegsvaret:

$$Y(s) = \frac{1}{(1+T_1s)(1+T_2s)} * \frac{1}{s}$$

partialbråksuppdelning ger:

$$Y(s) = 1/s - (1/T_1 + 1/T_2 + s) * \frac{1}{(1/T_1 + s)(1/T_2 + s)}$$

inverterad laplacetransformering ger:

$$y(t) = 1 - e^{-t/T_2} \left(\frac{T_2}{T_2 - T_1} \right) + e^{-t/T_1} \left(\frac{T_1}{T_2 - T_1} \right)$$

provning visar att med $T_1=0.20$ $T_2=0.23$ fås en ganska överensstämmande approximation.

Tryckuppbyggnaden approximeras alltså med överföringsfunktionen:

$$G(s) = \frac{1}{(1+0.20s)(1+0.23s)} = \frac{21.74}{s + 9.35s + 21.74}$$

vilket ger differentialekvationen:

$$\ddot{x} + 9.35\dot{x} + 21.74x - 21.74u = 0$$

där x är bromstrycket och u är signalen.

Observerbar kanonisk form:

$$\begin{aligned} dx/dt &= \begin{bmatrix} -9.35 & 1 \\ -21.74 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 21.74 \end{bmatrix} u \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} dx_1/dt = -9.35x_1 + x_2 \\ dx_2/dt = -21.74x_1 + 21.74u \\ y = x_1 \end{cases}$$

Tryckreduceringen:

Överföringsfunktionen approximeras med:

$$G(s) = \frac{1}{1+Ts}$$

vilket ger stegsvaret:

$$Y(s) = \frac{1}{1+Ts} * \frac{1}{s}$$

partialbråksuppdelning ger:

$$Y(s) = 1/s - \frac{1}{1/T+s}$$

inverterad laplacetransformering ger:

$$y(t) = 1 - e^{-t/T}$$

provning visar att med $T=0.275$ fås en ganska överensstämmande approximation.

Tryckreduceringen approximeras alltså med överföringsfunktionen!

$$G(s) = \frac{1}{1+0.275s} = \frac{3.64}{s+3.64}$$

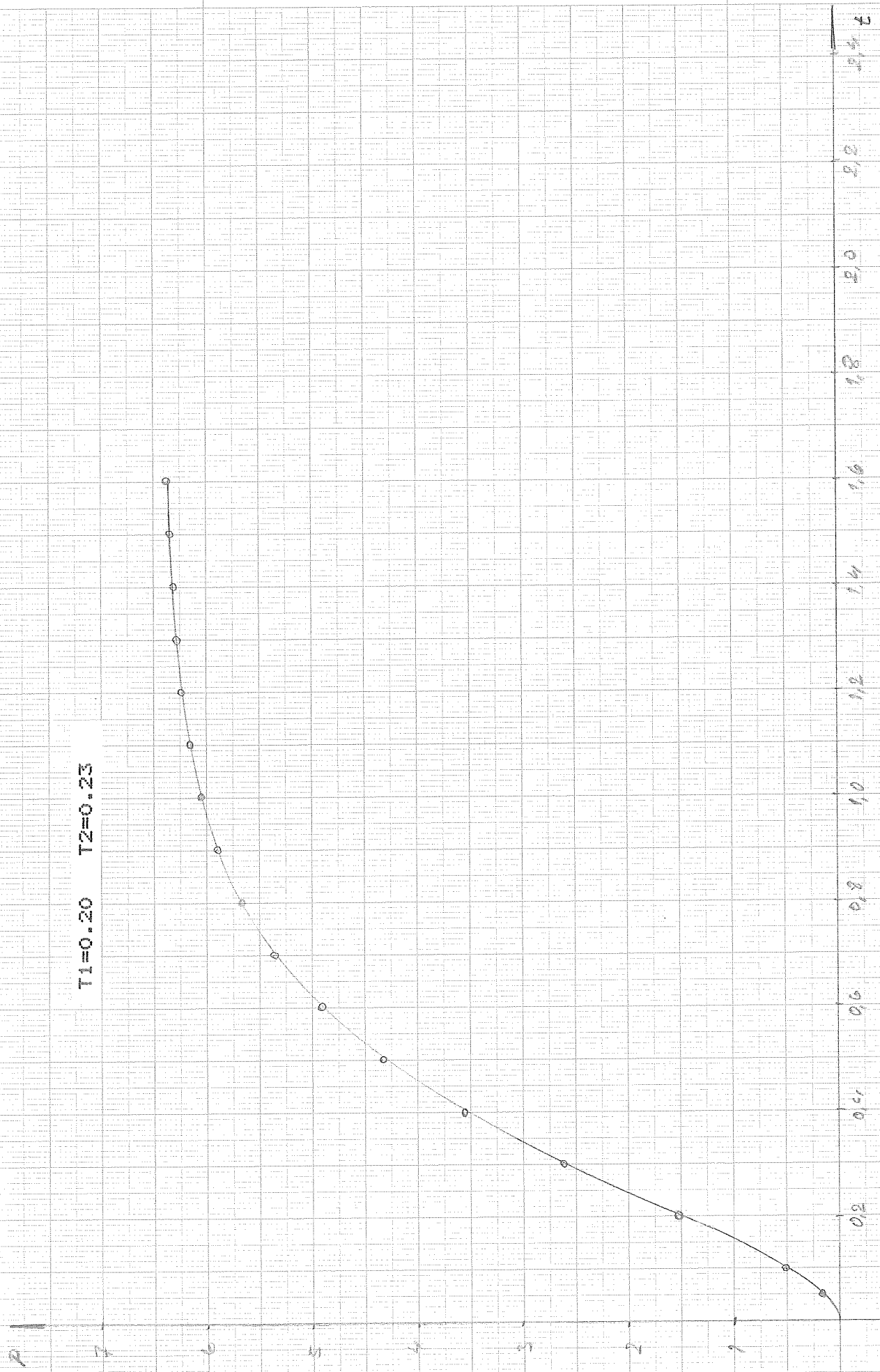
vilket ger differentialekvationen!

$$\dot{x} + 3.64x - 3.64u = 0$$

$$\Leftrightarrow dx/dt = 3.64(u-x)$$

där x är bromstrycket och u är signalen.

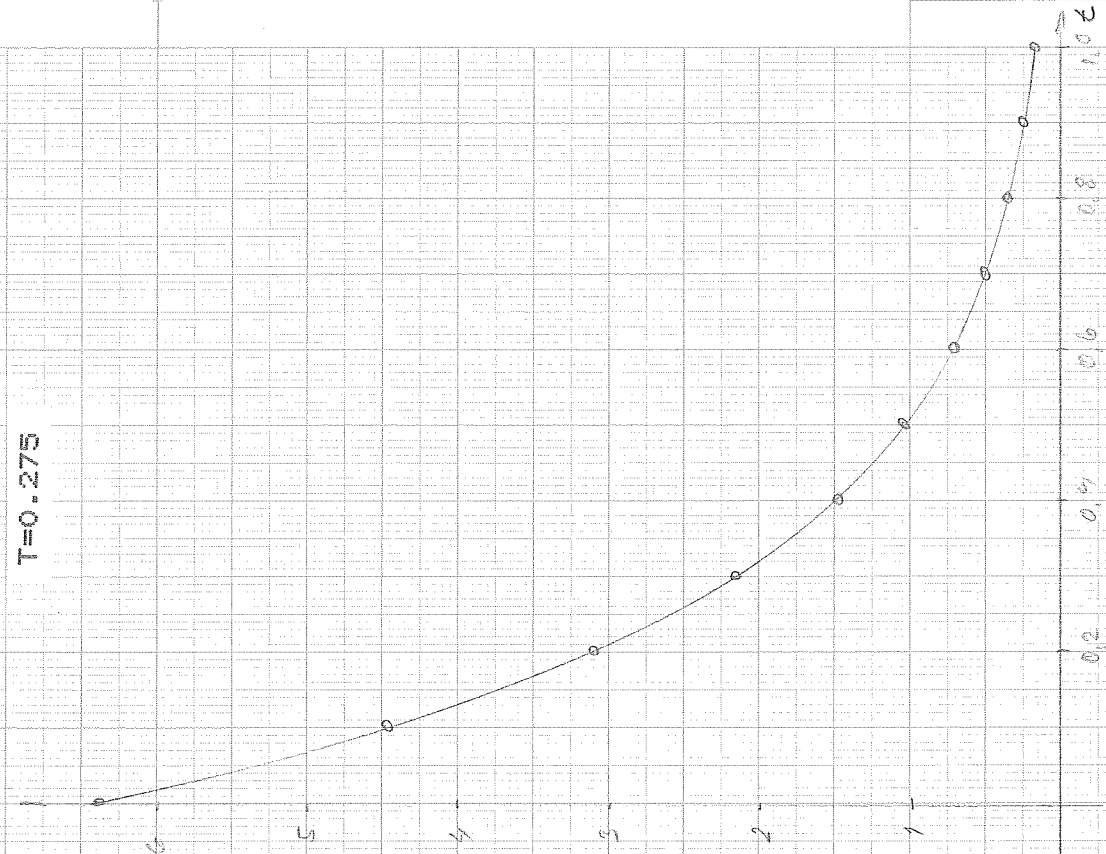
Tryckkuppbyggnad



Tryckreducering

T=0.275

P



```

CONTINUOUS SYSTEM BROMS "Simulate brake+valvesystem.
"
"Author Olivier Delacour
"October 1982
INPUT V D "V[VENTIL], DIS2].
OUTPUT Y "Brakepressure, range from 0-10.
"
STATE X1 X2
DER DX1 DX2
"
"If D=1 then pressure is increased, if D=0 pressure is released.
DX1=IF D>0.9 THEN V*(-9.35*X1+X2) ELSE V*3.64*(-X1)
DX2=IF D>0.9 THEN V*21.74*(1-X1) ELSE 0
Y=10*X1
"
END

```

```

DISCRETE SYSTEM PID "Regulator.
"
"Author Olivier Delacour
"October 1982
INPUT UREF Y "UREF[BRREG] Y[BROMS].
OUTPUT U1 "Regulator output, range from 0-10.
"
TIME T
STATE IOLD EOLD
NEW INEW ENEW
TSAMP TS
"
T1=H/TI
T2=TD/H
E=UREF-Y "E:Error.
D=T2*(E-EOLD) "D:Derivation.
I=IOLD+E*T1 "I:Integration.
U=K*(E+I+D)
"Limit the output maximum to 10.
U1=IF ABS(U)>10 THEN SIGN(U)*10 ELSE U
INEW=I
ENEW=E
TS=T+H
"
H:0.05 "Sampling interval.
TI:1E10 "Integration konstant.
TD:0 "Derivation konstant.
K:1 "gain.
"
END

```

```

CONTINUOUS SYSTEM S1    "Generates a triangular wave.
"
"Author Olivier Delacour
"October 1982
OUTPUT SW              "SW:Switch, either 1 or 0.
"
TIME T
STATE X1 X2           "X1:Discrimination level, X2:Triangular wave.
DER DX1 DX2
"
"If X2 is greater than X1 then switch is on,if X2 is less than X1
"then switch is off.
SW=IF X2>X1 THEN 1 ELSE 0
DX1=0
DX2=IF MOD(T,TP)>TP/2 THEN -20/TP ELSE 20/TP
"
TP:0.05                "Period time.
"
END

```

```

-----
DISCRETE SYSTEM S2    "Checks error sign and initiates S1
"
"Author Olivier Delacour
"October 1982
INPUT U1              "U1[PID].
OUTPUT D              "Output D is either 1 or 0.
"
TIME T
TSAMP TS
"
"If error is negative then D=0,if error is positive then D=1.
D=IF U1<0 THEN 0 ELSE 1
"Convert the regulator output to a discrimination level.
X1[S1]=10-ABS(U1)
X2[S1]=0
TS=T+H
"
H:0.05                "Sampling time.
"
END

```

```

-----
CONTINUOUS SYSTEM VENTIL    "Simulates the time lag of the valve.
"
"Author Olivier Delacour
"October 1982
INPUT SW              "SW[S1].
OUTPUT V              "Output V range from 0-1.
"
STATE X
DER DX
"
DX=(SW-X)/TV
V=X
"
TV:0.001              "Time konstant.
"
END

```