

FORSØG MED FORSKELLIGE BREMSESYSTEMER FOR SPORVOGNE VED KØBENHAVNS SPORVEJE.

Föredrag av ingenior *J. Balslev*,
København's Sporveje.

INDLEDNING.

Et af de allervigtigste Problemer ved elektrisk Sporvejsdrift er Bremsningen. At raade over en god, kraftig og dog behageligt virkende Bremse betyder ikke alene en Betyggelse med Henblik paa Sikkerheden, men har ogsaa økonomisk Betydning.

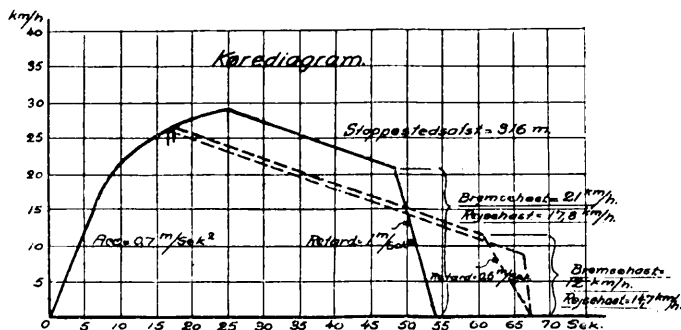


Fig. 1.

Den økonomiske Betydning ligger ikke alene i den gode Bremses mindre Behov af Vedligeholdelse og Regulering, men ogsaa i, at man ved Brugen af en kraftig og dog behageligt virkende Bremse kan forøge Retardationen. Dette er nemlig ensbetydende med en Forbedring af Strøkonomien.

Med det stadig voksende Krav om forøget Rejseshastighed bliver Betydningen af en kraftig og behageligt virkende Bremse yderligere aktuel. Dersom man forudsætter, at den hidtidige Stoppstedsafstand bibeholdes, samt at Opholdet ved Stoppestederne er bragt ned til et Minimum og Akcelerationen op til et Maksimum, kan Rejseshastigheden med det forhaandenværende Materiel kun forøges ved en Forøgelse af Bremseshastigheden og ved en kraftigere Bremsning. Begge Dele stiller forøgede Krav til Bremsens Effektivitet og Durabilitet. (Se Fig. 1.)

Det er derfor ganske naturligt, at man ved de forskellige Sporvejselskaber har set sig om efter et bedre Bremsesystem eller bedre Bremseser. Ved Københavns Sporveje blev der allerede i 1924 givet en større Bevilling til Undersøgelse af nye Bremsesystemer, og disse Forsøg kan nu for saavidt siges at være afsluttede, som de har bragt Københavns Sporveje ind paa ganske bestemt afstukne Baner med Hensyn til baade Motorvognsbremser og Bivognsbremser; der staar nu tilbage at føre disse Principper ud i Praksis. Iøvrigt kunde man naturligvis godt fortsætte med Undersøgelser og Forsøg med nye Bremseser, men Kravene fra Driften om bedre Bremseser er paa Grund af den forøgede Rejschastighed saa paatrængende, at man ikke længere kan undlade at tage Hensyn til dem.

Det første Krav, man maa stille til en god Bremse er, at den skal kunne bringe Sporvognen til Standsning paa den teoretisk mindste Vejlængde, naar Skinnernes Tilstand, d. v. s. Adhæsionskoefficienten mellem Hjul og Skinne, er god. Den Bremskraft, man kan lade Hjulene udøve paa Skinnerne, kan som bekendt ikke overstige den Vognvægt, der hviler paa de bremsede Hjul, multipliceret med Adhæsionskoefficienten mellem Hjul og Skinne. Denne Adhæsionskoefficient kan formentlig ved tørre, rene Skinner regnes til 0,25, og er Skinnernes Tilstand ikke som nævnt, kan den i Almindelighed fremkaldes ved de nu anvendte Grusningsapparater, der indeholder tørt Grus og virker paa begge Skinner.

Det eneste Bremsesystem, for hvilket denne Lov ikke gælder, er Skinnebremsesystemet, og dette maa naturligvis i høj Grad siges at tale til dets Fordel. *Med Skinnebremse kan man tilføre Vognen yderligere, af den anden Bremse uafhængig Bremskraft*, og skønt denne Bremskraft ogsaa er afhængig af Skinnernes Tilstand, vil Skinnebremse dog egne sig bedre end nogen anden Bremse til Nødbremse.

Den Energi, som skal omsættes i Bremsarbejde, er som bekendt Vognens levende Kraft $\frac{1}{2} m \cdot v^2$, hvor m er Vognens Masse og v Vognens Hastighed i m/sek. Noget af denne Energi omsættes i Friktionsarbejde imellem Hjul og Skinner og i Aksellejer, Tandhjul etc., og man faar altsaa her en gratis Bremsning, omend den ikke udgør nogen stor Del af det totale Bremsarbejde.

Man har som bekendt Ligningen

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = K \cdot s,$$

hvor K er den bremsende Kraft i kg, og s er Bremsevejen i m. K bestaar som nævnt dels af den Bremskraft, man tilfører Skinnerne gennem Bremsen og dels af den naturlige Bremskraft hidrørende fra ovennævnte Friktionsmodstande. Denne sidste Bremskraft kan sædvanligvis sættes til ca 10 kg. pr ton.

Regner man med 12,5 tons Vogn, kan man altsaa udregne den teoretiske Bremsevej for enhver Hastighed af Ligningen:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{12500}{9,81} \cdot v^2 = 3125 + 12,5 \cdot s = 3250 \cdot s,$$

idet Adhæsionskoefficienten er lig 0,25; altsaa $s = 0,2 v^2$, Ligningen for en Parabel. De herved fremkomne Bremsveje, som altsaa maa betragtes som de korteste, der kan opnaas, er optegnet i Kurveform i Fig. 2.

Motorvogn No 46 alene

Motor D ¹⁴/₂₀ w, Vognvægt=12,5 t

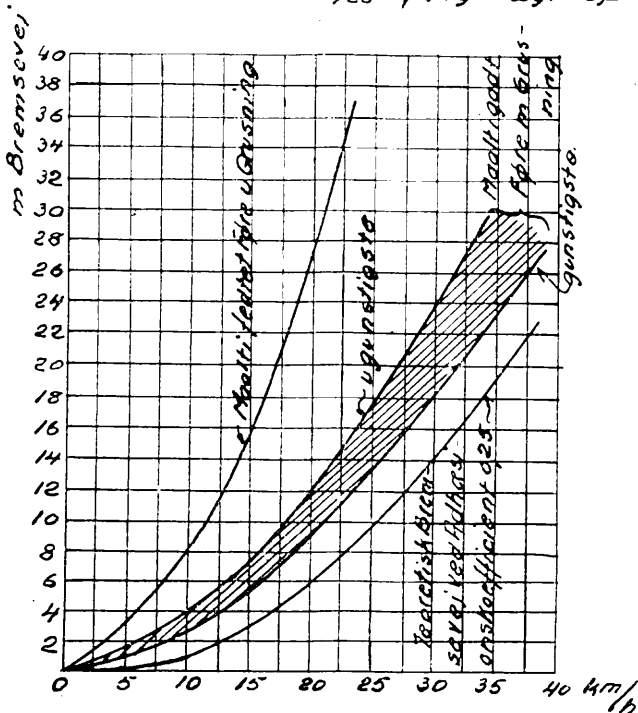


Fig. 2.

Gælder det Praksis, kommer til disse Værdier et Tillæg hidrørende fra den Tid, der medgaar, fra det Øjeblik, hvor Beslutningen om at bremse er taget, og til Bremsen virker, den saakaldte Reaktions-tid, for saavel Fører som Bremse.

Der er ved Københavns Sporveje gjort indgaaende Forsøg over, hvor hurtigt en Motorvogn af ovennævnte Vægt kan standse ved Hjælp af den elektriske Bremse, idet dog Haandbremsen er benyttet i det aller-sidste Øjeblik, hvor den elektriske ikke virker mere.

I Fig. 2 er Resultatet indtegnet i Kurveform sammen med de teoretiske Bremsveje. Der er gjort mange Forsøg, og de forskellige Re-

sultater har alle ligget mellem de to Kurver, altsaa i det skraverede Areal. Det bemærkes, at Føret var godt under Forsøgene.

Da der ved alle Forsøgene er anvendt den største Omhu for at opnaa den kortest mulige Bremevej, er det klart, at det er den længste af de opnaaede Bremeveje, der maa regnes med i Praksis.

Paa Fig. 2 er endvidere indtegnet en Kurve, som ligger betydeligt over de andre og som repræsenterer maalte Bremeveje i fedtet Føre uden Anvendelse af Gruseapparatet. Man faar her et meget anskueligt Billede af Førets Betydning. Ved Optagelse af denne Kurve har Hjulene delvis gledet paa Skinnerne. En fuldstændig Stilstand af Hjulene opnaas ikke ved den elektriske Breme, hvad der er en Fordel ved den i Sammenligning med mekaniske Brems, idet Strømmen og dermed Bremskraften i saa Fald vilde høre op. En delvis Glidning finder derimod ofte Sted ved fedtede Skinner, idet Hjulene roterer langsommere, end hvad der svarer til Vognens Hastighed, og Strømmen falder tilsvarende.

Paa det Tidspunkt, 1924, hvor Bevillingen til Forsøg med Brems blev givet, anvendte Københavns Sporveje som Driftsbreme kun den elektriske Dynamobreme og Solenoidebreme i Bivognene, hvilken sidste virkede paa Hjulbandagerne med Klodser, altsaa det almindelige System. Kun ca $\frac{1}{4}$ af Bivognene havde Skivebreme bestaaende af en paa Akselen roterende Skive og en paa Vognbunden ophængt Jernkrans med 4 smaa Magnetpoler, der, naar de faar Strøm fra Motorerne under Bremsningen, bevirker, at Jernkransen suger sig fast til den roterende Skive og derved brems Vognen. Denne Breme har Sporvejene altid været utilfreds med, dels fordi den er for svag, og dels fordi den har været dyr i Vedligeholdelse paa Grund af Kortslutning i Spolerne. Solenoidebremsen har derimod vist sig at være et fortrinligt Apparat, hvad Vedligeholdelse paa selve Solenoiden angaar.

Som Haandbreme paa Motorvognen benyttedes ogsaa Systemet med Vægtstænger og Bremseklodser, der virker paa Hjulbandagerne.

Til Grusning i fedtet Føre anvendtes kun en Ske, med hvilken man fra en Beholder umiddelbart ved Kontrolleren grusede gennem et Rør ned paa højre Skinne. Nu er alle Motorvogne forsynet med et mekanisk Gruseapparat, der ved Hjælp af et Haandtag gruser med tørret Grus paa begge Skinner og umiddelbart foran Hjulene.

Københavns Sporveje havde som nævnt hidtil kun anvendt den elektriske Breme, fraregnet et Forsøg med Tryklufsbreme i en enkelt Vogn. Man var derfor bekendt med dens Mangler, havde f. Eks. erkendt, at der ved den elektriske Breme findes Mulighed for, at den kan svigte, idet de utallige Forbindelser og Kontakter i Kredsløbet kan give Anledning til en Afbrydning af Bremsstrømmen. Den elektriske Bremses stødvise Karakter, samt Faren for delvis Glidning af Hjulene, hvis man under en Bremsning ikke vælger den Bremskontakt, der

svarer til Hastigheden, Togvægten og Føret, er ogsaa Anker, der med Rette kan anføres mod Systemet.

Den elektriske Bremsning af Bivognene sker ved Københavns Sporveje paa den Maade, at Strømmen fra Motorerne deler sig og gaar dels gennem en Modstand, der ligger i Motorvognen og dels gennem Solenoiderne i Bivognene, som er parallelle. Heraf følger, at det vil være umuligt at faa den ønskede Bremsning paa alle Vogne, saavel naar

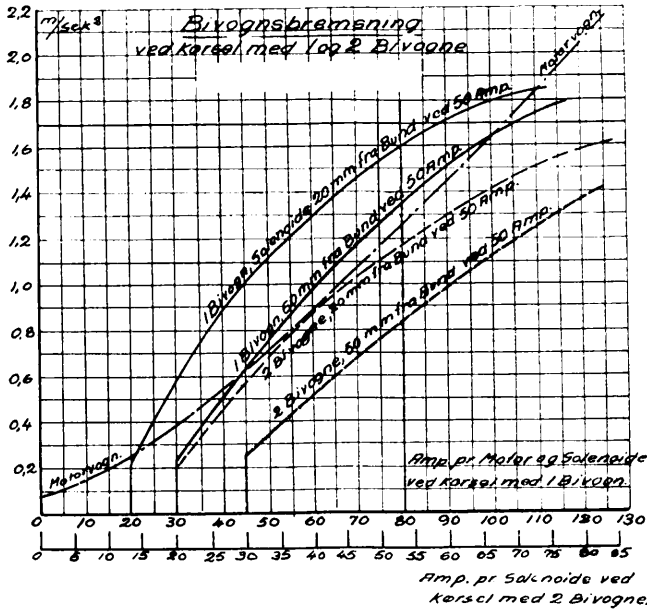


Fig. 3.

man kører med een Bivogn, som naar man kører med to. Hvis Bivognen, naar man kører med kun een, bremses tilpas, saa vil Bivognene, naar man kører med to, bremse for svagt.

Systemet burde være saaledes indrettet, at Modstanden i Motorvognen blev afbrudt, naar man koblede anden Bivogn til. At anbringe en Afbryder i nævnte Modstand, der skulde betjenes ved Koblingen af Vognene, vilde være for farligt, thi hvis den blev glemt, vilde Motorvognen ikke bremse, naar den derpaa kørte alene. Forfatteren til disse Linier har engang løst Problemet, saa Manøveren foregik automatisk, men det viste sig at være temmelig kompliceret.

Der er nogle Steder anvendt et System, ved hvilket Modstanden i Motorvognen er udeladt og hvor, idet Kablet til Bivognen tages ud, Bremskablerne automatisk kortsluttes i Kabledaasen. Bivognene kan da kobles i Serie. De to Bremsedaaser i Motorvognen maa da ligeledes være koblet i Serie. Man kan ved denne Anordning opnaa en mere

ens Bremsning, naar ma kører med een og med to Bivogne, dog vil Bremsningen paa de sidste Kontakter, hvor Bremsmodstanden i Motorvognen jo er lille, blive noget forskellig ved ingen eller ved to Bivogne, idet man her vil faa temmelig forskellig Modstand.

Man kan heller ikke her opnaa den ikke uvæsentlige Fordel, at anvende Skinnerne som Tilbageledning af Bremsstrømmen til Motorvognen, hvorved Bremskablerne bliver eenpoled.

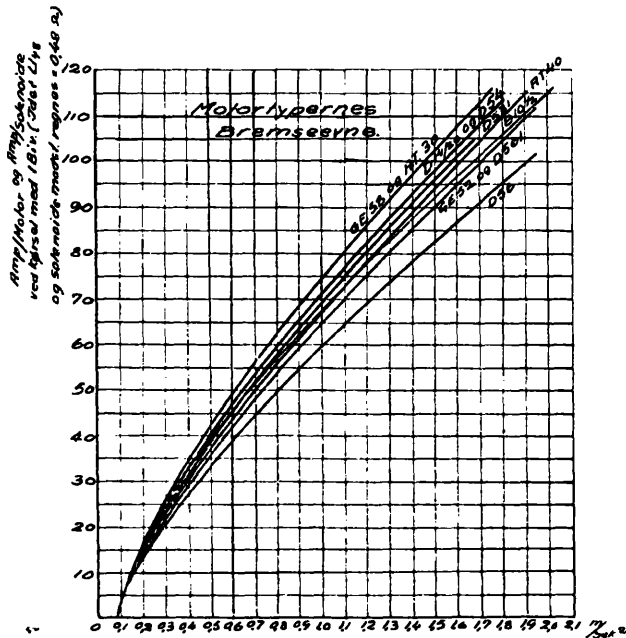


Fig. 4.

Endelig kan det vel ogsaa siges at være en Fare ved dette System, at et Brud paa en Bremsledning i en Bivogn eller en daarlig Forbindelse i en Kabeldaase vil bevirke, at hele Bremsesystemet svigter i alle Vognene.

Den ovenfor omtalte utilfredsstillende Anordning, at man ikke kan opnaa samme Bremsning med en og to Bivogne, naar man anvender Parallelsystemet, falder jo bort, hvis man gaar over til den mere ideelle, men naturligvis ogsaa dyrere gennemførte Drift med kun een Bivogn.

Kurverne i Fig. 3 viser hvor uheldigt Forholdet i Virkeligheden er. Man ser Bivognens og Motorvognens Retardation som Funktion af Belastningen. Alle de viste Kurver burde jo i Virkeligheden falde sammen. At Solenoidebrensens Trækraft ændrer sig stærkt med Stempelstillingen, der igen er afhængig af Sliddet, gør jo kun Forholdet endnu værre. Det vil ses, at ved en normal Bremsstrøm af 80 Amp/Motor er Motorvognens Retardation $1,25 \text{ m/sek.}^2$. Hvis der køres

med een Bivogn vil dennes Retardation være, naar Stemplet er 20 mm. fra Bund ca 1,6 m/Sek.². Kores der derimod med to Bivogne, og disses Stempler er 50 mm. fra Bund (Indstillingsnormen), vil Bivognenes Retardation kun være ca 0,8 m/Sek.². Det vil sige, at i første Tilfælde bremses Bivognen ca 28 % stærkere end Motorvognen og i sidste Tilfælde bremses Bivognene ca 35 % svagere end Motorvognen. Det første vil bevirke, at Bivognens Hjul lettere kommer til at glide, det andet at man maa bremse Motorvognen meget stærkt og alltsaa anstrænge Motorerne unødvendigt for at opnaa den nødvendige totale Bremsning, ligesom der naturligvis ogsaa bliver større Chance for en Glidning af Motorvognens Hjul. Her er Grusningen dog en større Sikkerhed end ved Bivognene. Det skal endvidere anføres, at ved de forskellige Motortyper, vil disses Strømuudvikling ved den samme Retardation af Motorvognen være en Del forskellig, se Fig. 4, og Bivognenes Bremsning vil da yderligere blive afhængig af hvilken Motortype, der kores med. Dette Forhold kan naturligvis modvirkes ved at gøre Parallelmodstanden i Motorvognene forskellig for de forskellige Motortyper, og dette bør man gøre; men hvis Bivognene desuden er af forskellig Type, maa man jo give op overfor dette Problem.

Endelig skal til Slut anføres som Anke mod den elektriske Bremsens skadelige Opvarmning af Motorerne og dens ligeledes skadelige Indflydelse paa Kommutatorerne, idet Bremsespændingen kan gaa op til 1.000 Volt, ja mere, hvad der naturligvis angriber Isolationen og meget ofte vil give en halv forkullet Isolation Dødsstødet. Københavns Sporveje har allerede for mange Rar siden maalt en Forøgelse af Temperaturen i Motorerne paa ca 30 % hidrørende fra den elektriske Bremse.

Det er saaledes ikke faa Anker, der kan anføres mod den elektriske Bremse; men nogle af Generne er der dog Mulighed for at raade Bod paa, hvad der ogsaa mange Steder er gjort. Det er saaledes nævnt, at den ikke uvæsentlige Gene med Bivognsbremsningen vil forsvinde, hvis man gaar bort fra Kørsel med to Bivogne, kun anvender een Bivognstype og tilpasser Modstanden i Motorvognene efter Motortypen og iøvrigt sørger for at anvende en Solenoide, hvor Kraften ikke er for afhængig af Stempelstillingen.

Den elektriske Bremsnings skadelige Opvarmning af Motorerne kan der ogsaa raades Bod paa ved Anskaffelse af større Motorer eller Forstærkning af de gamle, og dette er gjort ved mange Selskaber. Ligeledes kan man forbedre Kommuteringsforholdene ved at anvende nye Motorer med Vendepoler eller ved Paabygning af saadanne paa de gamle Motorer. Københavns Sporveje har forstærket alle gamle Motorer, ca 600 Stk, og forsynet dem med Vendepoler, hvorved Motorerne er gjort betydelig mere modstandsdygtige mod Bremsningens skadelige Indflydelse, og man arbejder desuden stadig paa Forbedring af Motorernes Isolation og Modstandsdygtighed mod Opvarmning.

Man maa dog ikke være blind for, at den elektriske Bremse ogsaa har Fordele og navnlig to vigtige, som skal nævnes.

I Anskaffelse er den elektriske Bremse vel overhovedet den billigst tænkelige og i Vedligeholdelse ligeledes, hvis Motorerne er beregnet for Opvarmningen fra Bremsningen — dog maa det siges, at de høje Bremsespændinger kan man vanskeligt beregne Motorerne for — og dernæst er den elektriske Bremse næst efter Skinnebremsen den Bremse, der har mindst Tilbøjelighed til at holde Hjulene helt fast under en for haard Bremsning i fedtet Føre, idet Hjulene altid vil rotere ganske langsomt.

Københavns Sporveje har dog ment, at det kunde have Interesse at prøve helt andre Bremsesystemer end det elektriske og valgte da at gøre Forsøg med det nylig fremkomne System opfundet af en belgisk Ingeniør Pieper, et System, som ligner Lufttryksbremsen, men som rummer adskillige Fordele fremfor denne, samt med det allerede gammelkendte System Skinnebremsen.

Olietryksbremse.

(System Pieper.)

Dette System er i Virkeligheden en modificeret Form af Lufttryksbremsen og virker ligesom denne med Bremseklodser paa Hjulene, men det rummer sikkert saa mange Fordele fremfor Lufttryksbremsen, hvor Talen er om Sporveje, at det maa foretrækkes fremfor denne.

Systemet bestaar i en Beholder fyldt med Olie og komprimeret Luft, og fra denne Beholder fører et eneste Rør til Bremsecylindern under Vognen. Ved Rørets Indgang i Bremsecylindern sidder to Ventiler i et Ventilhus. Den ene har et stort Gennemstrømningsareal og den anden et lille. Den første benyttes ved Nødbremsning, den anden ved almindelige Bremsninger. Disse Ventiler betjenes med smaa elektriske Solenoider, der faar Strøm enten fra Overledningen, 500 Volt, eller fra et særligt Batteri paa 6 Volt. Strømmene styres ved Hjælp af en ganske lille Kontroller ved Førerpladsen.

Afbremsningen, d. v. s. Bremsens Løsning, foregaar ved, at en omkring Bremsecylindern liggende Solenoidebevikling fødes med Strøm fra Overledningen, hvorved den trækker Stemplet tilbage. Herved trykkes Olien tilbage i Beholderen og Bremseklodserne løses.

Systemets Hovedfordele fremfor den almindelige Trykluftbremse er, at der *ikke behøves nogen Kompressor*, idet der arbejdes med den samme Trykluft, som stadig regenereres ved Løsningen af Bremsen, endvidere at man undgaar de mange Rør og Ventiler for Trykluft, at alle arbejdende Dele er under Olie, og endelig har System Pieper jo den umiskendelige Fordel, at det i Modsætning til alle andre Systemer vil bremse Vognen ved saa godt som enhver Fejl, hvorimod andre Systemer ved indtrædende Fejl vil svigte paa Bremsningen. Det maa

ogsaa bemærkes, at Bivognen bremses ved Koblingsbrud, samt at System Pieper ligesom Trykluft tillader at bremse de enkelte Vogne i et Tog med Kræfter, som er ganske uafhængige af hinanden, hvad der ikke er Tilfældet ved den elektriske Bremse.

Det maa imidlertid betragtes som en Skavank, at dette System saavel som den almindelige Trykluftbremse stadig arbejder med Støberjernsklodser paa de dyre Hjulbandager i Stedet for paa særlige Bremses med specielt Bremsmateriale som ved Biler. Heraf følger et ret stort Forbrug af saavel Bandager som Bremsklodser, men desuden fordres ogsaa et stort, næsten dagligt Indstillingsarbejde.

Det sidste var Grunden til, at K. S. standsede Forsøgene med to Vogntog, som havde været i Drift i et halvt Aar. Det havde vist sig, at saa snart Indstillingen ikke blev passet minutiøst, saa kunde Bremsen ikke løses, idet Stemplet paa Grund af Klodssliddet var kommet for langt ud, og Solenoidebeviklingen kunde da ikke trække det ind igen med den til Raadighed staaende Spænding, der meget ofte var lav, ca 400 Volt, paa den Linie, hvor Vognene var i Drift. Resultatet var da, at Vognene holdt fastbremsede paa Gaden.

Nu var Forholdene for Pieperbremsen ogsaa særlig ugunstige i København, idet nemlig Bremsen var beregnet til et Tryk af 3.5 kg/cm.^2 , men maatte benyttes med 4.5 kg/cm.^2 , da førstnævnte Tryk ikke gav en tilstrækkelig Nødbremsning sammenlignet med den elektriske Bremsning. Ved dette højere Tryk blev naturligvis Afbemsningen vanskeliggjort for Solenoidebeviklingen, og da, som nævnt, desuden Spændingen til Tider var meget lav, saa resulterede dette i ovennævnte Driftsforstyrrelser.

Der blev senere gjort Forsøg med nogle af A/S Titan konstruerede Tromlebremses i Forbindelse med Pieperbremssystemet. Disse Bremses, som havde indvendige, med Ferodo beklædte Bakker, gik i Begyndelsen meget godt og afhjalp virkelig Manglerne med Hensyn til Afbemsningen, da de bevirkede, at man kunde reducere Bremsetrykket og naturligvis kun sjælden krævede Indstilling, men de viste sig efter nogen Tids Forløb ikke at kunde holde til de forekommende Paavirkninger; navnlig det uundgaaelige Leje paa Akselen voldte Vanskeligheder. Der blev foretaget forskellige Ændringer af disse Tromlebremses, som efterhaanden gjorde dem temmelig komplicerede, uden at man dog naaede noget helt tilfredsstillende Resultat med Pieperbremssystemet.

Resultatet ved Københavns Sporveje blev derfor, at det maatte siges at være nødvendigt at forbedre og udvikle Systemet, da det i den Form, hvor det blev prøvet, var for ufuldendt; men det maa anerkendes, at Systemet rummer mange Fordele fremfor det elektriske System og sikkert maa foretrækkes fremfor Trykluftbremse til Sporvogne.

Iøvrigt er Piepersystemet nærmere beskrevet i »Teknisk Tidsskrift«, Stockholm, Hefte 10 — 1926.

Skinnebremsen.

Det elektromagnetiske Skinnebremsesystem, som jo har været i Brug i mange Aar, særlig ved Bjergbaner, har som nævnt den umiskendelige Fordel fremfor andre Bremsesystemer, at det ikke virker paa Vognakserne og derfor altid vil kunne tilføre Vognen en retarderende Kraft udover, hvad man under de forhaandenværende Omstændigheder kan opnaa ved Bremsning paa Hjulene med den almindelige Hjulbremse.

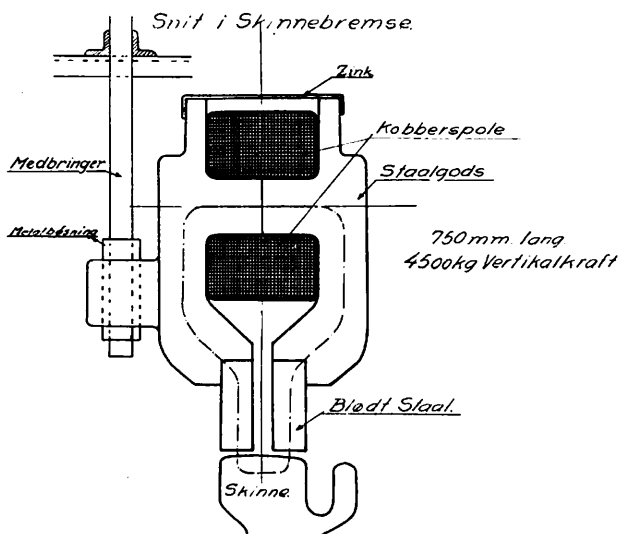


Fig. 5.

Systemet vil fremgaa af hosstaaende Skitse, Fig. 5, der viser en Spøle, som gennem et Magnetstel danner et magnetisk Kredsløb, der sluttet gennem Skinnerne, naar der kommer Strøm i Spølen.

De to Slidsko, som under Bremsningen slæber paa Skinnen, kan udskiftes. Bremsen, som i Fig. 5 kun ses i Profil, har en Længde af i Regelen fra 0,5 til 1 m. og hænger i 2 Fjedre paa Undervognen mellem Hjulene. To Bremsere, som hænger ligeoverfor hinanden over hver sin Skinne, er forbundet med Tværafstigninger, for at de kan holdes i Stilling over Skinnerne.

Den store magnetiske Vertikalkraft, som gennem Friktionen mellem Slidsko og Skinne frembringer den horisontale Bremskraft, opnaas naturligvis først, naar Bremsen er trukket an mod Skinnen, d. v. s. Luftrummet er formindsket til det minst mulige, da der jo er Lufttrummet, som frembyder den væsentligste Modstand mod de magnetiske Kraftlinier.

Anlægskraften pr Bremse er bestemt ved Ligningen:

$$P = \left(\frac{Bl}{5,000} \right)^2 \cdot A \cdot 2,$$

hvor Bl er Induktionen i Luften og A er Tværsnitsarealet af en enkelt Sko. Induktionen i Luften vil paa det nærmeste blive lig Induktionen i Slidskoen. Denne Induktion kan naturligtvis ikke drives videre end til en passende Mætning, uden at Anvendelsen af Amperevindinger bliver altfor stor.

Man kan altsaa kun forøge Anlægskraften ved at forøge Arealet af Anlægsfladen, d. v. s. ved at forlænge Bremsen.

Hvis man ved den foreliggende Bremse, Fig. 5, hvor Anlægskraften er opgivet af Fabrikken til 4,500 kg., vilde udregne Bl , da vilde man faa en Induktion i Luft paa ca 20,000 Gauss. Højere Induktion kan der formentlig ikke være Tale om at anvende. Hvis man forlænger Bremsen f. Eks. til det dobbelte, saa vil Induktionen blive paa det nærmeste konstant ved det samme Amperevindingstal, nemlig det Antal Amperevindinger der er Plads til, idet den magnetiske Modstand bliver halv saa stor og Kraffliniestallet derfor dobbelt saa stort, men da Arealet ogsaa er fordoblet, saa bliver Induktionen konstant.

Dette vil sige, at Anlægskraften er direkte proportional med Bremsens Længde, hvis Slidskoens Bredde er uforandret.

Den Bremskraft, der maksimalt kan opnaas, afhænger altsaa af hvor stor Plads der er mellem Hjulene. Den teoretiske Bremskraft er efter foranstaaende lig med 6,000 kg. pr. m. Bremselængde.

Man regner gerne med et Luftrum i Hvilestilling paa højst 15 mm., og dette maa da efterreguleres, naar Bandagerne og Slidskoene slides. Det er altsaa nødvendigt, at Bremserne ved den mindst forekommende Strøm i Spolerne ved hvilken Bremserne skal virke, har saa megen Kraft ved ovennævnte Luftrum, at de kan overvinde Modstanden i Ophængningsfjedrene.

Disse maa naturligtvis have en vis Stivhed for at undgaa for store Udsving under Kørselen, saa Skoene slaar mod Skinnerne. Jo større og tungere Bremserne er, desto stærkere maa Fjedrene være.

Skinnebremsen er forsynet med en Messingbøsning, hvori en kraftig Tap, anbragt paa Vognen, griper ned. Gennem denne Anordning overføres Bremsernes horisontale Bremskraft til Vognen. Anordningen ses paa Fig. 5.

Som bekendt afhænger Størrelsen af den Bremsevirkning, man kan opnaa med en almindelig Hjulbremning, det være sig en mekanisk Bremsning paa Hjulene eller en elektrodynamisk, som den almindelig anvendes ved Sporveje, af Adhæsionskoefficienten mellem Hjul og Skinne. Denne Koefficient er meget varierende efter Skinnetilstanden. Man regner sædvanlig ved tørre Skinner med en *Adhæsionskoefficient* paa 0,25, ved vaade men rene Skinner 0,15 til 0,20, samt ved vaade og fedtede Skinner ned til 0,05. Man kan i sidste Fald, hvis Grus-

apparatet svigter, altsaa kun bremse Vognen med en Kraft, der er 5 % af Vognens Vægt.

Hvis man for Kurve for fedtede Skinner i Fig. 2 udregner den Adhæsionskoefficient, som svarer til den udførte Bremsning for de forskellige Hastigheder, saa faar man de i nedenstaaende Tabel angivne Resultater.

Nu har man, som tidligere nævnt, moderne mekaniske Grusapparater, og naar disse ikke svigter, kommer saa smaa Koefficienter altsaa ikke i Betragtning.

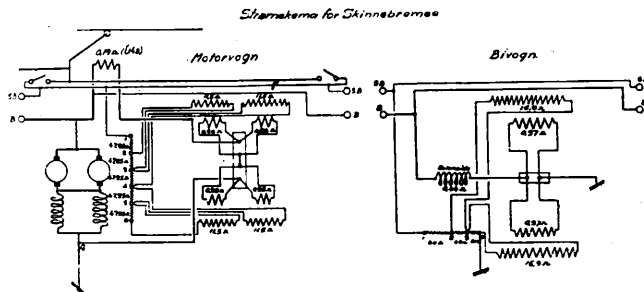


Fig. 6.

Ved Forsøg, som senere skal omtales, er fundne de i samme Tabel angivne Friktionskoefficienter for Skinnebremse i fedtet Føre, idet man dog maa erindre, at der er regnet med den maksimale teoretiske Anlægskraft 3,000 kg. maalt i Laboratoriet. Da den vertikale Anlægskraft, man har i Praksis, altid vil være noget mindre, end naar Bremsen er slebet til Skinnen som i Laboratoriet, saa har den virkelige Friktionskoefficient altsaa været noget større end angivet i Tabellen.

Den virkelige Anlægskraft er varierende med Skinnernes Slidtilstand og er derfor vanskelig at bestemme nøjagtigt, men selvom den bliver noget mindre paa Grund af mindre godt tilslidte Bremsere, saa vil dette Forhold dog i nogen Grad ophæves af, at Friktionskoefficienten samtidig bliver større.

Middelkoefficienter fra vedkommede Hastighed ned til Hastighed Nul	F e d t e t F ø r e		
	15 km/h.	20 km/h.	25 km/h.
Adhæsions- eller Friktionskoefficient ved delvis glidende Hjul	0,051	0,050	0,047
Friktionskoefficient f. Skinnebr.	0,10	0,09	0,08

Det vil ses, Fig. 6, at der er koblet en Modstand parallel med hver Friskstrømsspole, og Hensigten hermed er at forhindre de induktive Spændinger, der opstaar ved Afbrydningen af Strømmen, i at gøre Skade paa Isolationen, idet de udlignes gennem de nævnte Modstande.

Nogen Fare er der ogsaa for Overspændinger i Friskstrømsspolen ved Induktion fra Hovedstrømsspolen, naar denne kobles ind, ligesom

det naturligvis er nødvendigt, at Friskstrømsspolen isoleres godt, da den er udsat for Fugtighed og betjenes med 500 Volt. Undvære Friskstrømsspolen kan man absolut ikke, da Strømmen i Tilfælde af glide Hjul udebliver i Hovedstrømsspolen.

De første Forsøg, Københavns Sporveje gjorde med Skinnebremser, var med en Motorvogn og en Bivogn, førstnævnte udrustet med 4 Bremsere Type V. G. 50 og sidstnævnte med 2 Bremsere Type V. G. 75 fra Magnetbremsengesellschaft, Berlin, koblet som vist i Fig. 6.

Motorvognens Bremsere havde en teoretisk Anlægskraft paa maksimalt 3.000 kg. pr Bremse, og Bivognens havde ca 4,500 kg. pr Bremse. De førstnævnte havde en Længde af 500 mm. og sidstnævnte var 750 mm.

Man faar da i Motorvognen en samlet teoretisk Anlægskraft paa 12.000 kg. og i Bivognen paa 9.000 kg. Disse Kræfter svarer omtrent til Vognens Tomvægt. Hvis man ved gode Skinner kan regne med en Middelfriktionskoefficient paa 0.2 ved en normal Bremseshastighed paa 20 km/h., saa skulde man altsaa faa en retarderende Kraft paa ca $\frac{1}{5}$ af Vognenes Vægt, hvad der giver en Retardation paa ca 2 m/sek.², gældende for tom Vogn. Dette er altsaa, hvad man maksimalt kan vente at opnaa med de i Fig. 5 angivne Bremsere, men hvis man i Forvejen har en Retardation paa 2 m/sek.² fra den elektriske Bremse, saa har man jo ialt 4 m/sek.², hvad der jo maa siges at være en særdeles kraftig Bremsning.

Større Skinnebremser anvendes i Almindelighed ikke.

Ved Forsøgene fandt man dog en betydelig mindre Virkning end ovennævnte. Dette viste sig at skyldes Bremsernes mangelfulde Tilpasning til Skinnernes Hældning. Ligeledes fandt man, at fedtet Føre ikke havde væsentlig Indflydelse paa Virkningen. Dette skyldes ligeledes, at Bremsere kun berørte Skinnerne langs en Kant. Det var altsaa nødvendigt at bearbejde Slidskoene før Brugen, saa de fik Skinnernes Hældning, og da dette var gjort, fik man betydelig bedre Resultater, og det viste sig, at disse var temmelig ens paa forskellige Strækninger af Linien.

Der blev nu gjort indgaaende Forsøg med Motorvognen forsynet med 4 Bremsere V. G. 50 fra Magnetbremsengesellschaft, Berlin, idet disse blev forsynet med nye Spoler, der kun indeholdt en Friskstrømsbevikling, da Sporvejene hurtigt kom til den Overbevisning, at Skinnebremsens Betydning som Nødbremse, hvis den elektriske Bremse eller i fedtet Føre Grusapparatet svigter, var den vigtigste her i København, hvor der er saa faa Stigninger.

Den Gevinst, der kan ventes ved Hovedspolernes Aflastning af Motorerne, mentes at være forflygtiget, naar man tager i Betragtning, at Bremsere benyttet som Driftsbremse fremkalder et betydeligt Slid paa Skinnerne. Ved normal Skinnetilstand har man en tilstrækkelig kraftig Bremsning i den elektriske Bremse.

Den nævnte Forsøgsvogets Koblingskema ses i Fig. 7.

Som det vil ses, betjenes Bremsen ved en særlig Kontakt uafhængig af Kontrolleren. Som tidligere nævnt er det almindelig anvendte Princip, at Nødbremsning med Friskstrøm indtræder paa Kontrollerens sidste Bremskontakt. Sporvejene var imidlertid af den Formening, at det er mere hensigtsmæssigt at kunne sætte Skinnebremsen i Funk-

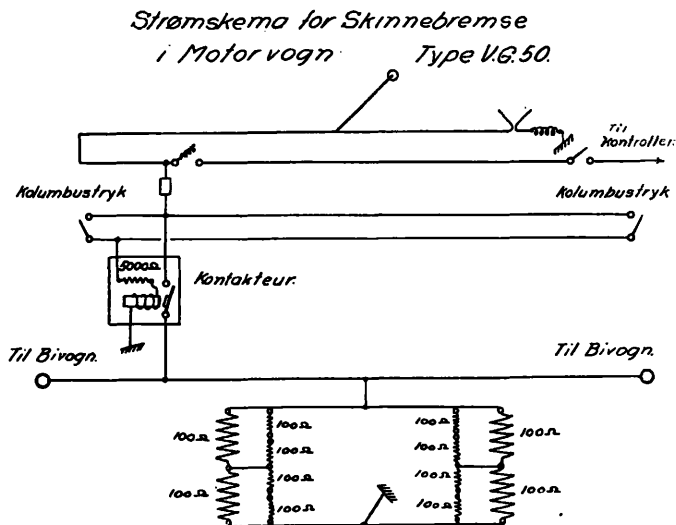


Fig. 7.

tion straks med en særlig Nødkontakt og derpaa supplere Bremsningen med den almindelige elektriske Bremse uden at laase Hjulene.

Som Parallelmotstand for Friskstrømspolen er anvendt to Silitstænger à 100 Ohm koblet i Serie for hver Spole. Spolens egen Modstand er ca 100 Ohm, og da der er to Spoler i Serie, bliver Strømmen ved 500 Volt Spænding 2.5 Amp. Vindingstallet var 2,200 pr. Spole, og Amperevindingstallet bliver derfor 5,500 ved 500 Volt.

Fig. 8, Kurve I viser den af Fabrikken opgivne Vertikalkraft som Funktion af Amperevindingstallet, og det vil heraf fremgaa, at de 5,500 Amperevindinger svarer til en høj Mætning af Jernet i Bremsen. Denne høje Mætning af Jernet har den Fordel, at man ogsaa ved en lavere Spænding kan faa en god Udnyttelse af Bremsen.

Hvis Spændingen gaar ned til 400 Volt, vil man faa en Strøm paa 2 Amp., altsaa 4,400 Amperevindinger, og det vil ses, at man ved dette Amperevindingstal har praktisk talt den samme Anlægskraft. Denne er altsaa temmelig uafhængig af Spændingen.

Noget Tab af Kraft faas jo derigennem, at Bremserne ikke kan regnes at ligge helt an, og man derfor ikke kan regne med den fulde teoretiske Anlægskraft. Ogsaa dette taler for at anvende et højt Amperevindingstal.

Der blev nu maalt den opnaaede Retardation for Vognen, hvis Vægt var 11.780 kg., ved forskellige Amperevindingstal for Bremserne. Dette gjordes ved at variere Strømmen i Spolerne.

Begyndeshastigheden var ved alle Forsøgene 21 km/h.

Resultatet ses i Fig. 8. Kurve II, der viser, at Retardationen ved fuld Mætning gaar op til 2 m/sek.². Forsøgene blev udført med bedst mulige Skinner.

Kurver for Skinnbremse V.G. 50. 4stk.

Kurve I Friktionskoefficientens Afhængighed af Flade- og trykkaet

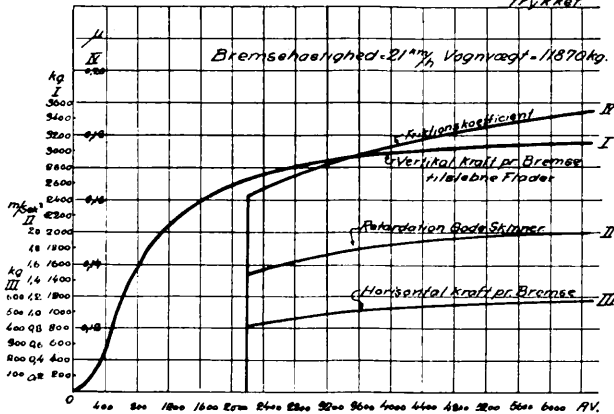


Fig. 8. Kurverne II, III og IV repræsenterer Middelværdier, regnet fra Hastigheden 21 km./h. til Hastigheden 0.

I Kurve III er Retardationen omregnet til retarderende Horizontal-kraft pr. Bremse, og hvis man dividerer denne Kurves Værdier med Værdierne i Kurve I, faas den praktiske Friktionskoefficient, som kommer i Betragtning. Det maa erindres, at i denne er indbefattet den Fejl, der fremkommer ved, at den teoretisk optagne Vertikalkraftkurve, som er anvendt, ikke kan regnes at passe fuldstændig. Hvis man derfor regner, at den virkelige Anlægs-kraft har været noget mindre, vilde Friktionskoefficienten faa sin rigtige Værdi og blive lidt større. Da den ifølge Kurven gaar op til 0.19 ved maksimal Anlægs-kraft, kan Fejlen dog næppe være stor, da man sikkert ikke kan regne at have stort større Friktionskoefficient ved urent Jern mod Jern.

Det vil af Kurven ses, at Koefficienten er noget mindre ved mindre Tryk. Ogsaa dette taler for at anvende et højt Tryk.

Spolen bestod af Traad af 0,5 mm² Tværsnit, som var vandtæt indkapslet i en Blykappe af 1,5 mm. Tykkelse. Spolen kan derfor ikke taale de 2,5 Amp. kontinuerligt. Før at hindre dette er Anordningen, som vist paa Strømskemaet, saaledes, at Bremsen sættes i Funktion ved en Trykkontakt, der automatisk afbryder Strømmen

efter ca 15 Sekunders Forløb. Denne Kontakt slutter en ganske lille Hjælpestrøm til et Relais, der derpaa slutter Strømmen til Skinnebremserne saavel i Motorvogn som i Bivogn. Dette Relais har magnetisk Udblæsning.

Der blev nu gjort en Række Bremsforsøg i forskelligt Føre, idet Hastigheden under Forsøget blev registreret.

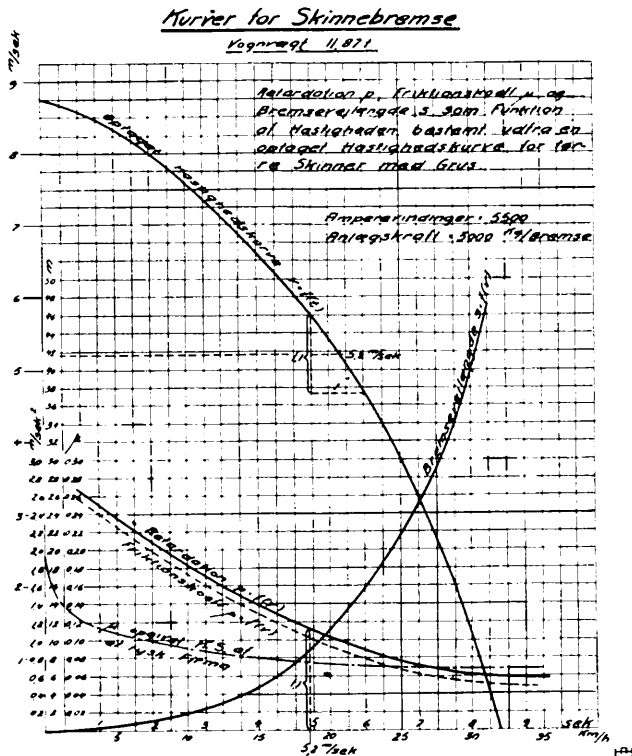


Fig. 9.

Resultaterne af Forsøgene fremgaar af Fig. 9. Der er vist den registrerede Hastighedskurve som Funktion af Tiden. Det vil let ses, at Hastigheden falder betydelig stærkere mod Slutningen af Bremsningen, hvilket kun kan skyldes, at Frikoefficienten stiger med faldende Hastighed. De Bremselængder man faar ved en given Hastighed bestemmes let udaf Kurven, idet Arealet som Kurven omslutter mellem vedkommende Hastighedsordinater og Abcissen altsaa er lig Vejlængden, da Hastighed gange Tid er Vejlængde. Paa denne Maade er Kurven for Bremsvejlængde optegnet som Funktion af Hastighed i km/h.

Ud af den optagne Hastighedskurve kan man ogsaa beregne den øjeblikkelige Retardation, da den er Retningskoefficienten til Kurven.

Den saaledes bestemte øjeblikkelige Retardation er optegnet som Funktion af Hastigheden i km/h.

Af Retardationskurven kan udregnes den øjeblikkelige Friktionskoefficient μ af Ligningen:

$$\text{Anlægs kraft} \times \mu = \frac{\text{Vognvægt}}{9.81} \times \text{Retardation} \\ \text{: Vognvægt} \times \text{Traktionskoefficient.}$$

$$\text{Anlægs kraft} = 12,000 \text{ kg.}$$

$$\text{Vognvægt} = 11,870 \text{ kg.}$$

$$\text{Traktionskoefficient} = 10 \text{ kg. pr Ton Vognvægt.}$$

$$\text{Man faar: } \mu = 0.1 \times \text{Retardation} \div 0.01.$$

Kurven for μ viser, hvor stærkt denne beklagelsesvis falder med stigende Hastighed, ja at den gaar helt ned til 0.05 ved 35 km/h. Hvis man vil beregne Middelbremsekraften for denne Bremsenhastighed maa det dog erindres, at man skal regne med et μ , der er Middeltal af den nævnte Værdi 0.05 og den største Værdi ved Hastigheden Nul, som er 0.30.

Der er indtegnet en anden Kurve for μ , som er opgivet af Fabrikken. Det vil ses, at den giver noget bedre Værdier ved de store Hastigheder men er ganske afvigende fra de af K.S. bestemte Værdier ved de lave Hastigheder, hvad jeg slet ikke forstaar og mener maa være galt.

Resultatet af Forsøgene er, at man faar en særdeles fin Bremsning ved de mindre Hastigheder fra 25 km/h. og nedefter, medens man over denne Hastighed har mindre gode Resultater men dog en betydelig Hjælp i Faretilfælde, hvis den elektriske Brems svigter.

Der er ogsaa gjort Bremsforsøg i fedtet Føre baade med og uden Anvendelse af Grus, og Resultatet blev som angivet i nedenstaaende Tabel:

Ved Hastigheden	Mindre Retardation ved fedtet Føre og Grusning:	Mindre Retardation i fedtet Føre uden Grusning:
km/h.	%	%
10	8.5	50
20	14	52
30	20	56

Formindskelsen i Retard er angivet i % i Forhold til Retardationen ved tørre Skinner med Grusning.

Ved fedtede Skinner falder Friktionskoefficienten, som det vil ses, noget trods Grusningen men mest ved de store Hastigheder; maaske er Grunden, at Grusningen er mindre effektiv ved de større Hastigheder. Ved Bremsning i fedtet Føre uden Grus falder Friktionskoefficienten dog kun til det halve ved en Skinnebremmsning. Det bemærkes, at Skinnerne var meget fedtede ved det omtalte Forsøg.

Efter alt at dømme maa Skinnebremsen siges at være en særdeles god Erstatning for en svigtende elektrisk Bremse og en god Tillægsbremse i Faretilfælde. Københavns Sporveje har nu 3 Vogne i Drift med den ovenfor beskrevne Nødskinnbremse.

Bivognsbremser.

I. Bivogns-Hjulklodsbremse.

Som tidligere nævnt bestaar den største Del af Københavns Sporvejes Bivognsbremser af en Solenoide, der fødes med Bremsstrøm

Bivogns-Driftsbremse.

Alm. 4Klods Bremse.

$\Sigma \text{ Klodsareal} = 930 \text{ cm}^2$

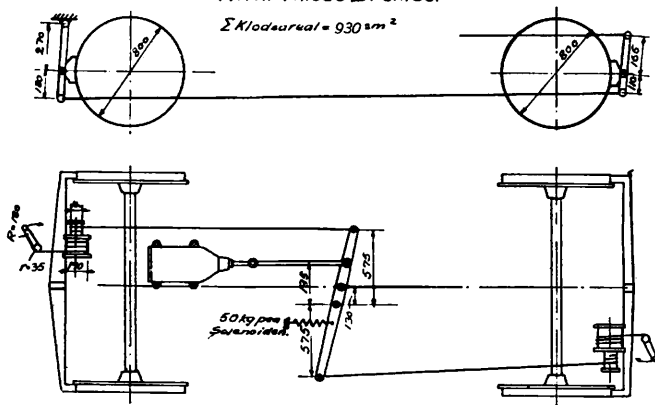


Fig. 10.

fra Motorerne i Motorvognen og som gennem et Vægtstangsystem trækker Bremsklodser af Støbejern an mod Hjulbandagerne.

Systemet fremgaar af Fig. 10 og Solenoidens Trækkraftkurve af Fig. 11.

Det ses af Kurverne, at Solenoidens Trækkraft stiger stærkt med Formindskelse af Stemplets Afstand fra Bund, hvad der selvfølgelig er en Géne, da det jo ikke kan undgaas, at Stemplet ved Slid af Klodserne nærmer sig Bunden af Bremscylinderen.

At lave en Solenoidebremse, der har konstant Bremskraft ved alle Stillinger af Stemplet, lader sig næppe gøre. Stemplets Ende er tilspidset, og jo spidser Keglen er, jo mindre vil Kraften variere under Bevægelsen, men Variation kan ikke undgaas.

Man kan anbringe en automatisk Indstillingsmekanisme i Stempelstangen, som automatisk afkorter denne, hvorved Stemplets Stillinger i Solenoiden bevares. Hermed gøres der Forsøg ved Københavns Sporveje i enkelte Vogne.

Der findes Solenoidebremser med bedre Kurver end de i Fig. 11 fremstillede, som det vil ses i Fig. 12, og dette maa man tage Hensyn

til ved Nyanskaffelser. Det vil ses, at for begge Solenoider gælder, at ved en bestemt Middellindstilling er Kraften nogenlunde proportional med Strømmen.

Den væsentligste Anke mod de her omtalte Bivognsbremser er dog det store Forbrug af Klodser og den hyppige Indstilling som Følge af det hurtige Slid.

K. S. Bremsens totale Udveksling fra Stempel til Klods er 7,5, hvilket vil sige, at Stemplet bevæger sig 7,5 mm. ved en Indstilling af Klod-

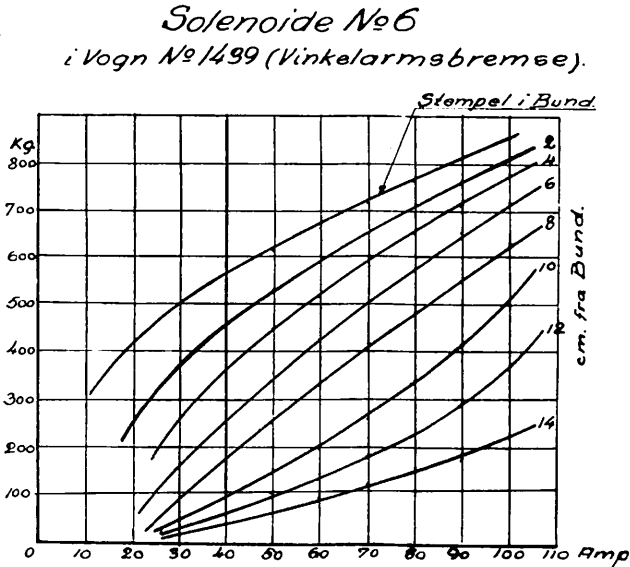


Fig. 11.

serne paa 1 mm. Frigang. For at løse Bremsen maa der være en Tilbagetræksfjeder. Dennes Kraft samt Friktionstab ved Tomgang er overført paa Stemplet ca 50 kg. Der gaar derfor 50 kg. tabt af Stemplets kraft. Man faar:

$$\Sigma \text{ Klodstryk} = (S - 50) \cdot 7,5,$$

hvor S er Solenoidens Trækkraft ved den givne Bremsestrom, og 7,5 er Udvekslingen i Bremsetojet.

Det bremsende Moment paa Vognakselen bliver da:

$$(S - 50) \cdot 7,5 \cdot \mu \cdot 0,4 \text{ kgm.},$$

i det μ er Friktionskoefficienten mellem Klods og Hjul, og Radius i Hjulet er 0,4 m.

Det bremsende Moment ved en bestemt Værdi af S samt Stemplets Vandring ved 1 mm. Løsning karakteriserer Bremsen, og det vil let ses, at Udvekslingen i Virkeligheden intet har at gøre med Bremsens

Godhed, idet den Fordel, en stor Udveksling tilfører det bremsende Moment, igen forflygtiges ved at Stemplets Bevægelse bliver større, hvad der fordrer en hyppigere Indstilling.

Naar Bremsestrømmen og dermed Stempelkraften er givet, er der ikke andre Faktorer, der bestemmer Bremsens Effekt og Godhed end Friktionskoefficienten, Bremsradius til Trykcentret og saa naturligvis Bremsematerialets Slidfasthed og det specifikke Tryks Størrelse.

Vi skal senere se, Fig. 13, at der kommer endnu en Faktor til, nemlig Udvekslingens Ændring under Sliddet, idet det naturligvis er

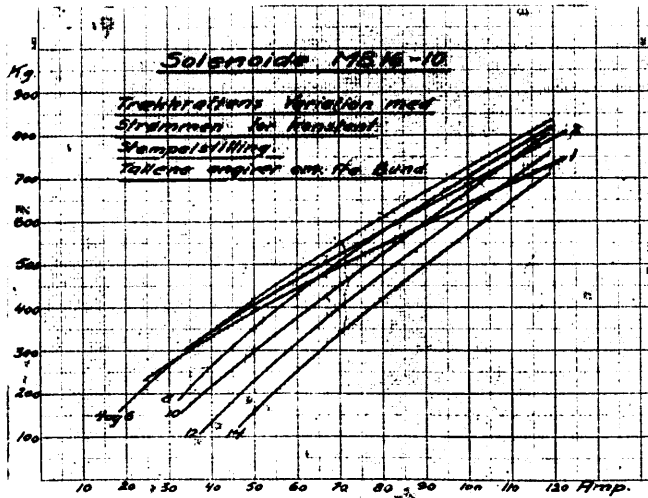


Fig. 12.

en Fordel, at den er lille. Ved den her omhandlede Bremse er dog Udvekslingen praktisk talt konstant, medens det som nævnt ikke er saa godt bevendt med Slidfastheden. Hvad derimod Bremsradius angaar, er Bremsen den bedst tænkelige, da man jo ikke got kan have større Bremsradius end Hjulets: Friktionskoefficienten er derimod ikke saa god som ved de moderne Bremsematerialer saasom Ferodo etc.

Sættes μ for Støbejernsklodser til 0,26, hvorom senere, saa faas:

$$\text{Bremsemomentet} = (S - 50) \cdot 0,78$$

samt en Bevægelse af Stemplet paa 7,5 mm. ved 1 mm. Løsning.

Bremsens Konstant er altsaa 0,78.

Og Bremsens Effekttal = $\frac{0,78}{7,5} = 0,104$, hvad der i Henhold til

foranstaaende netop er Produktet af Friktionskoefficient og Bremsradius.

Jo større Effekttallet er, jo bedre er Bremsen. Dog maa man i denne Forbindelse som nævnt ogsaa tage det specifikke Tryk paa Bremsmaterialet i Betragtning, da det har Betydning for Sliddet.

Udvekslingskoefficienter for Bivognsbremser

Koefficienternes Variation med Sliddet paa Bremsebelægningen.

Det samlede Normaltryk pr. Bremse er = Ordinat x Træk i en Bremse.

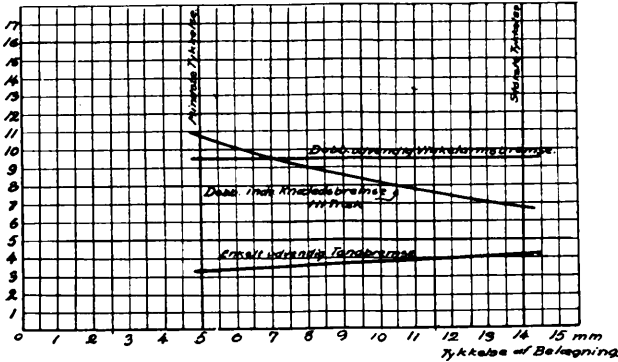


Fig. 13.

Københavns Sporveje har gjort en Del Forsøg med de nu i Brug værende Bivognsbremser:

1) *Undersøgelse af Bremsesystemets Elasticitet.*

For at undersøge denne blev en Bivogn bragt paa sin normale Indstilling, Stempel 60 mm. fra Bund ved en Bremsenstrøm paa 50 Amp. Strømmen blev derpaa gradvis reguleret, og for hver ny Strømværdi blev Stemplets Afstand fra Bunden maalt.

Resultatet ses i Fig. 14.

Kurven viser for det første, at Bremsen først virker ved 35 Amp. Stemplet bevæger sig da 27 mm., hvad der svarer til ca 3,5 mm. Løsning af Klodserne og stiller sig paa en Afstand af 73 mm. fra Bund.

Ved 100 Ampere er Stemplets Stilling kun ca 36 mm. fra Bund. Systemets totale Elasticitet er derfor 37 mm. maalt paa Stemplets Vandring, hvad der naturligvis er for meget, da 100 Ampere er en almindelig forekommende Bremsenstrøm, der svarer til en Retardation paa ca 1.35 m/Sek.² ved belastet Vogn, 11.1 ton.

Hvis Bremsningen med Bivogns-Klodsbremsen skal være effektiv, hvad den kun kan være saa længe Stemplet ikke er i Bund, kan Klodserne kun slides saa meget, som svarer til 36 mm. Stempelbevægelse. Da Udvekslingen er 1:7,5, vil det sige, at der *kan slides ca 4,8 mm. af Klodserne, før en Indstilling er nødvendig.*

Det vil af foranstaaende fremgaa, at Elasticiteten, naar den er stor, har en skadelig Indflydelse, idet den formindsker den nyttige Stempel-

længde og derfor forkorter Indstillingsperioden. Desuden forårsager Elasticiteten et Tab af Tid, hvad der har stor Betydning ved de store Hastigheder. Nogen Elasticitet maa der dog sikkert helst være i Systemet, da Bremsningen ellers bliver for brutal.

Den anden Kurve i samme Figur viser Elasticitetskurven for en anden af K. S. konstrueret Vinkelarmsbremse. Man ser, at Elasticiteten

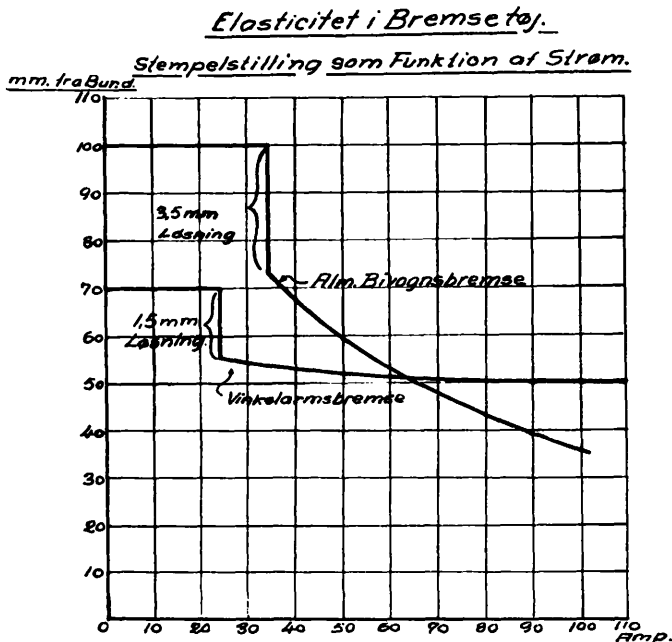


Fig. 14.

er forsvindende. Tænker man sig, at de to Bremses har samme Stempelstilling ved en normal Strøm af 65 Amp., saa vil det ses, at Vinkelarmsbremsen vil faa en Begyndelsesstilling paa 55 mm. mod 73 mm. ved Klodsbremsen. Dette er selvfølgelig en Fordel, da Stemplet herved faar større Startkraft; Bremsen vil virke ved en mindre Strøm.

Da Klodsbremsen nødvendigvis har større Løsning end en Planskive Bremse, som Vinkelarmsbremsen er, bliver Forholdet endnu grellere. Det vil ses, at Vinkelarmsbremsen starter ved 25 Amp., medens Klodsbremsen først starter ved 35 Amp.

2) Undersøgelse af Friktionskoefficient mellem Klods og Hjul.

For at bestemme denne blev en Bivogn forsynet med Trolleytang, saa det blev mulig at føde Solenoiden med en bekendt konstant Bremsestrøm. Bivognen blev saa af en Motorvogn skubbet op paa en vis Hastighed, hvorpaa Motorvognen holdte tilbage. Der sattes nu Strøm i Solenoiden, og Udløbshastigheden registreredes. Herved bestemtes

Retardationen, hvorpaa Friktionskoefficienten blev beregnet ud fra den kendte Solenoidekraft ved den forhaandenværende Bremsestrøm og den kendte Stilling af Stemplet.

Friktionskoefficienten bestemtes til 0,26 ved Strømme mellem 60 og 80 Amp. svarende til Retardationer mellem 1,35 og 1,65 m/² Sek.². Denne Værdi synes noget høj for Støbejern, men Føret var meget tørt. I fugtigt Vejr gaar Koefficienten som bekendt betydelig længere ned. Der maalttes 0,16.

3) *Undersøgelse af hvor hurtigt Klodserne slides.*

Der blev foretaget Maalinger med forskellige Driftsvogne, hvor Klodserne var nogenlunde tilslidte, og det viste sig, at Stempelstillingens Ændring svarende til Klodsslidet var temmelig forskellig for de forskellige Vogne.

I Middeltal blev Ændringen af Stempelstillingen pr 100 km. ca 12 mm., svarende til 1,6 mm. Klodsslid.

Da som nævnt Stempelstillingen er 36 mm. fra Bund ved maksimal Strøm efter Indstilling paa 60 mm. ved 50 Amp., vil det sige, at der kun kan køres ca 300 km. mellem to Indstillinger, hvad der svarer til *Indstilling hver 3'die Dag.*

Her ligger naturligvis en af de allerstørste Gener ved det nuværende Bivognsbremsesystem.

Ved nye Bremsklodser, som ikke var tilslidte, viste det sig i nogle Tilfælde, at man kun kunde køre 30 til 50 km. førend Stemplet var i Bund. Dette peger paa Nødvendigheden af, at Klodserne er nogenlunde tilpassede, naar de sættes paa.

Den foregaaende Undersøgelse af det nuværende Bremsesystems Forhold beviser tilstrækkeligt, at dette er behæftet med væsentlige Mangler, som ikke kan tillades med de Krav, der nu stilles til Bremsesystemet i en Sporvogn, i Særdeleshed i Betragtning af den stadig forøgede Rejsehastighed. Den omtalte altfor store Elasticitet kan naturligvis delvis bortskaffes ved Indførelse af et stivere Stangsystem, men den væsentligste Anke mod Systemet er dog det store Slid paa Bremsklodserne, og det deraf følgende hyppige og kostbare Indstillingsarbejde og ligeledes Bekostningen ved Udskiftningen af Klodserne.

Denne Mangel kan kun afhjælpes ved at forlade Bremsklodserne og gaa over til et moderne Bremsmateriale med større Slidfasthed. Ogsaa den i Forhold til moderne Bremsmateriale lille Friktionskoefficient for Jern mod Jern er naturligvis en Mangel ved Systemet, men vigtigere er det dog, at den ikke kan siges at være konstant uafhængig af Føret, idet Hjulene uvægerligt vil trække Gadesnavs og Fugtighed med op paa Klodserne, hvad der i væsentlig Grad ændrer Friktionskoefficienten, som tidligere omtalt.

Dette er ikke Tilfældet ved en moderne Bremse, saasom Tangbremse eller Knæledsbremse, da denne virker ved en Bremseskive, der sidder under Vognen og derfor ikke er saa udsat for Gadesnavs.

Det er nævnt, at man har konstateret et Slid af ca 1,5 mm. paa Støbejernsklodser ved 100 km. Kørsel. Det skal derfor allerede her bemærkes, at Sporvejene ved Benyttelse af Ferodo har konstateret en kort Vejlængde paa over 3.000 km. ved det samme Slid.

Tallene taler for sig selv.

Man kunde tænke sig at løse Problemet ved at belægge de nuværende Bremseklodser med Ferodo, hvad der meget vel lod sig gøre, men dette vilde næppe give samme Resultat, da man ved Bremsning paa Hjulene ikke vilde kunne bevare den konstante forholdsvis store Frikoefficient uafhængig af Føret, og desuden vilde Materialet, naar det blev udsat for Sand og andet Snavs, sikkert stille sig anderledes med Hensyn til Slid. De Uregelmessigheder, som er uundgaelige i Bandagernes cirkulære Form vil heller næppe være af god Virkning paa Bremsmaterialet.

Det er mig bekendt, at man ved de svenske Statsbaner har gjort Forsøg af den omtalte Art. Jeg ved ikke, hvorledes disse Forsøg er faldet ud, men givet er det i hvert Fald, at det bedre lader sig gøre ved Jernbaner.

En anden Ting er det naturligvis, om man ikke i det hele taget bør forskaane de kostbare Hjulbandager for Sliddet fra Bremseklodserne og hellere, som det er gjort i de moderne Bremses, overføre det til en speciel Bemseskive. Det maa dog i denne Forbindelse ikke underkendes, at Klodserne i høj Grad virker til at forhindre Flader paa Hjulene, der som bekendt er ret ubehagelige i Sporvejsdrift.

II. *Nyere Bivognsbremser.*

Københavns Sporveje har gjort ret indgaaende Forsøg med nyere Bremsekonstruktioner for Bivogne, men under Bibeholdelse af Solenoide som Trækkraft.

Der fandtes, da disse Undersøgelser paabegyndtes, allerede to saadanne i Brug i hvert Fald ved tyske Sporveje, nemlig Tangbremsen, Fig. 15, og Knæledsbremsen, Fig. 16. Systemerne fremgaar med al Tydelighed af Tegningerne.

Københavns Sporveje har indkøbt Tangbremses til 7 Vogne og Knæledsbremser til 2 Vogne hos Bergische Stahlindustri, Remscheid, og har underkastet disse Konstruktioner en indgaaende Undersøgelse.

Undersøgelsen har ikke givet fuldud tilfredsstillende Resultat, selvom det naturligvis maa indrømmes, at de langt er at foretrække for Klodsbremsen. Sporvejene har derfor selv konstrueret en Bremse, kaldet Vinkelarmsbremsen, Fig. 17, som ikke er behæftet med de ved de andre Bremses fundne Mangler. Alle tre Bremses har naturligvis

den samme meget væsentlige Fordel fremfor Klodsbremsen, at Slidfastheden er enormt stor i Forhold til sidstnævnte. Deraf følger den eftertragtede Forringelse af Indstillingsarbejdet og Bekostningen til Bremsmateriale.

Det skal i det følgende klargøres, hvike Fordele den af Sporvejene foretrukne Brevse har fremfor Tangbremsen og Knæledsbremsen.

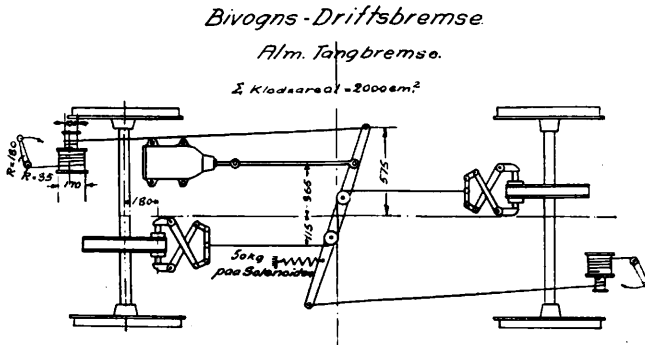


Fig. 15.

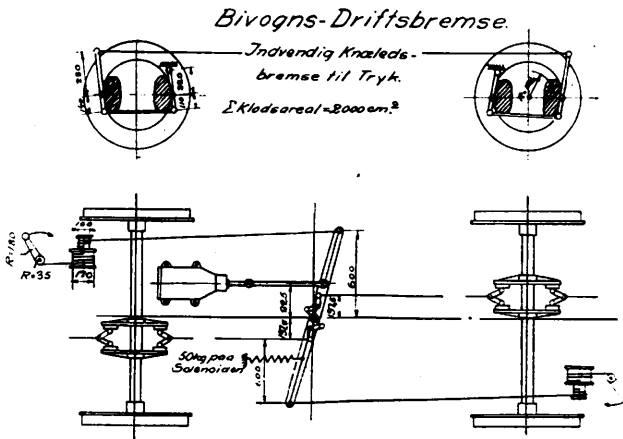


Fig. 16.

Som det vil ses af Fig. 15, 16 og 17 virker ved alle de tre moderne Bivognsbremser Solenoiden paa en Tværbom midt under Vognen, hvorfra Trækket fordeles til de to Bremses, nemlig een paa hver Vognaksel og saaledes, at der finder en Udligning Sted.

Fig. 13 viser Resultatet, en Udregning af Udvekslingen i Bremserne som Funktion af Tykkelsen af Bremsebelægningen. Bremsebakkerne, som tydeligt ses i Figurerne er nemlig belagt med et specielt slidfast Bremsmateriale, som kan være Ferodo, der anvendes meget til Bil-

Ved Tangbremsen vil Bremsningen aftage 21 %, og ved Knæledsbremsen vil den tiltage med 40 %.

Hvis man nu antager, at Stempelstillingen ændrer sig med Sliddet, vil det have Interesse at se, hvorledes Bremsningen ændres ved de 3 Systemer ved samme Slidtykkelse af Bremsmaterialet.

Vi antager en Motorvognsvægt paa 13,8 ton og en Bivognsvægt paa 11,1 ton. Ved den omhandlede Motorvogn vil en Bræmsestrøm paa 80 Amp. pr Motor give en Retardation paa 1,2 m/Sek.². Ved den anvendte Strømfordeling mellem Bivognsbremse og Parallelmodstand i Motorvogn vil Bivognen da faa en Bræmsestrøm paa 85 Amp. ved Kørsel med een Bivogn. Regner man nu til Eksempel, at Bivognen ogsaa skal bremse med en Retardation paa 1,2 m/Sek.², saa fordres til ovennævnte Bremsning ved 0,8 m. Hjul og en naturlig retarderende Kraft paa 100 kg. et samlet Bræmsemoment paa Hjulet paa 500 kgm.

Regner man med dette Bræmsemoment paa Hjulene ved alle de nævnte 4 Bræmsearter ved nylig indstillet Bræmse og regnes endvidere med et Tab henført til Solenoiden paa 50 kg. samt en Friktionskoefficient for Klodsbremsen paa 0.26 og for de moderne Bræmses paa 0.40, og Elasticiteten forsvindende, saa kan man ved at udtage Udvekslingen af Kurverne Fig. 13 for ny Belægning beregne Stemplets Indstilling, som det er anført i Tabellen Fig. 19, idet der er anvendt Solenoidekurven Fig. 11. Med de anførte Stempelstillinger vil alle Bræmserne give Bivognen den samme Retardation, 1,2 m/Sek.².

I Beregningen indgaar naturligvis Radius til Trykcentret i Bræmseklossen. Denne er for de forskellige Bræmses anført først i Tabellen. Endvidere er anført Klodsarealet og det specifikke Tryk.

Regner man nu et Slid af 5 mm. for alle Bræmses paa Bræmsebelægningen, saa kan man idet man udtager de ændrede Udvekslinger af Kurverne Fig. 13, samt ved de nye Stempelstillinger de ændrede Kræfter for Solenoiden, Fig. 11, beregne de ændrede Retardationer for Bivognene samt de ændrede specifikke Tryk.

Disse Værdier er ogsaa anført i Tabellen.

Det vil ses af Tabellen, at det for alle Bræmses praktisk talt gælder, at Stemplet efter 5 mm. Slid er i Bund eller meget nær Bund. Bræmserne tillader altsaa omtrent desamma — 5 mm. — Slid, men som det vil ses, er det specifikke Tryk meget forskelligt og altsaa Varigheden af de 5 mm. Slid ogsaa meget forskellig, og endelig vil det bemærkes, at Ændringen af Retardationerne er yderst forskellig.

Det vil ses, Knæledsbremsens Ændring af Retardationen er meget stor, ca +66 %. Alle Bræmserne bræmses iøvrigt stærkere efter de 5 mm. Slid.

Vinkelarmsbræmsen og Tangbræmsen har omtrent samme Ændring af Bremsningen nemlig ca +20 %, men da Tangbræmsen har over dobbelt saa stort specifikt Tryk, vil det jo formentlig betyde, at de 5 mm. kun varer den halve Tid. Det vil endvidere ses af Tabellen,

Fig. 19. Sammenligningstabel

	Bremse- radius i m	Middelud- veksling (under 5 mm Slid)	Friktions- koefficient	Bremse- moment	Effekttal
Klodbremse	0,400	{ 7,50 konstant }	0,26	(s-50) · 0,78	{ *0,104 (0,064) }
Tangbremse	0,182	{ 12,25 variabel }	0,40	(s-50) · 0,90	0,073
Knæledsbremse	0,198	{ 12,60 variabel }	0,40	(s-50) · 1,00	0,079
Vinkelarmsbremse	0,225	{ 9,40 konstant }	0,40	(s-50) · 0,85	0,090

* I fedtet Føre og fugtigt Vejr maa regnes med en Friktionskoefficient = 0,16.

at Klodbremsen har den mindste Ændring af Bremsningen, men Fordelen er jo illusorisk, naar man kender den korte Slidtid for 5 mm. Støbejern ved det ret store specifikke Tryk.

For yderligere at kunne drage Sammenligning mellem de forskellige Bremsere er der foretaget en Udregning af Bremsernes Konstanter i Lighed med hvad der allerede er gjort for Klodbremsen.

Resultaterne er anført i Tabellen Fig. 19.

Ved Beregningen af Konstanten for Bremsemomentet og Effekttallet er der benyttet Middeludvekslingskoefficienten under de 5 mm. Slid.

Hjulklodbremsen har tilsyneladende det bedste Effekttal, men hvis man regner med, at Friktionskoefficienten godt kan ligge betydeligt lavere og meget ofte kan gaa ned paa 0.16 ved hvilken Koefficient Effekttallet gaar ned til 0.064, saa bliver Vinkelarmsbremsen herefter den bedste med et Effekttal paa 0.09.

Sandsynligvis vilde der dog ikke være noget i Vejen for, at Tangbremsen og Knæledsbremsen fra Bergische Stahl-Industri kunde have samme Bremseradius som K. S. Vinkelarmsbremse, og i saa Fald vilde Effekttallet jo blive ens for alle 3 Bremsere og Bremserne paa dette Punkt altsaa være lige gode og bedre end den gamle Bremse.

Som allerede tidligere nævnt er der visse Muligheder for at forbedre den gamle Bivognsbremse. Et mindre elastisk System som angivet for Vinkelarmsbremsen i Fig. 14, automatisk Indstilling i Stempelstangen, der holder Stemplet paa Plads eller en Solenoide med bedre Kurver som Fig. 12, men trods disse Forbedringer synes der dog at være tilstrækkelig Grund til at forlade den, og den væsentligste Grund maa siges at være det store Forbrug af Klodser. Baade er Slidfastheden

for Bivognsbremser.

Efter Indstilling			Efter 5 mm Slid paa Bremsematerialet			Stærkere Bremsning ved Stempel i Bund. %	Klods- areal i cm ²
Stempel fra Bund i mm	Retarda- tion i m/sek ²	Specifik Tryk i kg/cm ²	Stempel fra Bund i mm	Retarda- tion i m/sek ²	Specifik Tryk i kg/cm ²		
85 Amp.	85 Amp.		85 Amp.	85 Amp.			
40	1,2	5,2	5	1,38	7,0	15	930
70	1,2	6,9	9	1,48	8,4	19	1,000
60	1,2	3,2	3	2,00	5,3	66	2,000
50	1,2	2,8	3	1,47	3,5	22	2,000

Effektallet bliver da = 0,064.

ved Støbejernsklodserne lille, og hvis man forøger den, vil det gaa mere ud over Bandagerne, men samtidig er det specifikke Tryk ogsaa, som Tabellen viser, stort, i hvert Fald i Forhold til Vinkelarmsbremsen.

Københavns Sporveje har i et Aar anvendt ca 7.000 Bivognsbremseklodser til ca 10.000.000 km. Vognene er alle forsynede med 4 Klodsbremser, og der er derfor anvendt 1.750 Sæt Klodser.

Der er altsaa kørt 5,700 km. pr. Sæt.

Hvis en Bivogn kører 40.000 km. aarlig vil det sige, at der pr. Bivogn er ca 7 Udskiftninger aarlig. Man faar da nedenstaaende *aarlige Udgift pr. Bivogn til Udskiftning af Klodser*:

7 Udskiftninger à 2 Kr.	14.00 Kr.
7 Sæt Klodser à 9.60	67.20 »
	81.20 Kr.

Københavns Sporveje har maalt Slidfastheden ved en Tangbremse, og Resultatet blev, at Sliddet var ca 0,6 mm. pr. Maaned.

Regner man nu med en Vinkelarmsbremse, hvor det specifikke Tryk er under Halvdelen af, hvad det er ved Tangbremsen, saa kan man formentlig regne med det halve Slid pr. Maaned. Man faar da et Slid paa Bremsebakkerne paa 3,6 mm. pr. Aar. Da der ialt kan slides 8 mm., vil det sige, at man pr. Aar faar $3,6 : 8 = 0,45$ Udskiftninger.

Den aarlige Udgift bliver da:

8 Bremsebakker à 6.50 Kr. × 0,45	23,40 Kr.
Arbejds løn = 4 Kr. × 0,45	1,80 »
	25.20 Kr. aarlig.

Besparselsen i Bremsebelægning ved en Bivogn med Vinkelarmsbremse i Forhold til en Bivogn med Klodsbremse bliver da

$$\text{Kr. } 81,20 + 25,20 = 56 \text{ Kr. aarlig.}$$

Dette Forhold alene skulde i og for sig være tilstrækkeligt til at slaa den gamle Bivognsbremse ud; og dog kan der sikkert siges at være andre Forhold, der ogsaa taler til Ugunst for det gamle System.

Sliddet paa Bandagerne er utvivlsomt ikke helt uden Bekostning, selvom det naturligvis maa erindres, at det maaske i nogen Grad forhindrer Flader paa Hjulens hidrørende fra voldsomme Bremsninger i fedtet Føre, men her maa man jo sørge for en effektiv og tilstrækkelig hurtig Grusning. Endvidere er der næppe Tvivl om, at Bremsningen ved Klodsbremsen er mere afhængig af Føret, da jo Vand og Gadesnavs stadig tages med op af Hjulene og virker som Smoring paa Bremsefladerne.

Noget lignende kan ikke siges om de moderne Bremsers, da disse ligger under Vognbunden og ikke er udsat for Gadesnavs.

Et andet Forhold, som heller ikke er uden Betydning ved de nye Bremsers, er, at det ved disse er udelukket, at Bakkerne slæber paa, medens det ikke er udelukket, at Bremseklodserne gør det, hvad der kan forårsage et ekstra Strømforbrug. Endelig maa det betydelig mindre »Spil» ved de nye Bremsers Bakker ogsaa regnes disse til Fordel.

Det næste Spørgsmaal, der rejser sig, er nu hvilken af de nye Bremsers man maa foretrække. Dette Spørgsmaal er ikke vanskeligt at besvare.

Tangbremsen maa paa Forhaand siges at være mindre hensigtsmæssig paa Grund af dens ensidige Paavirkning af Akselen, der giver et højende Moment paa denne, som ikke forekommer ved de andre Bremsers. Dette Moment er ikke uden Betydning og bevirker, at Materialpaavirkningen paa Akselen ved Tangbremsen er over 3 Gange saa stor, som ved de andre Bremsers. Endvidere er det specifikke Tryk paa Bremsematerialet over det dobbelte af, hvad det er ved Vinkelarmsbremsen og ogsaa betydelig større end ved Knæledsbremsen.

Denne sidstnævnte bør man, som det vil ses, heller ikke vælge paa Grund af dens meget store Variation i Bremseeffekt med Sliddet, og desuden er Bremsebakkerne mere utilgængelige paa Grund af, at de sidder mellem de to Bremseskiver i Modsætning til ved Vinkelarmsbremsen, der kun har een Bremseskive, og hvor Bakkerne derfor er udvendig. Hvad Prisen angaar er vel nok Tangbremsen den billigste og Knæledsbremsen den dyreste.

Vinkelarmsbremsen har konstant Udveksling uafhængig af Sliddet. Dens Ændring af Bremsningen ved Stempel i Bund er tilsyneladende 22 % i Sammenligning med Tangbremsens 19 %, men dette er ogsaa kun tilsyneladende, idet det specifikke Tryk er ca 2,5 Gange mindre.

Man maa derfor dividere ovennævnte 22 % med 2,5 og faar da en Ændring af Bremsningen paa kun 9 % i Sammenligning med Tangbremsens 19 %.

Vinkelarmsbremsen har desuden den Fordel, at hele Udvekslingen ligger i Bremsen, idet Udvekslingen i Forlaget er omtrent 1:1. Dette er en Fordel, da man kan gøre Forlaget lettere, uden at Elasticiteten bliver for stor.

Københavns Sporveje har som Resultat af ovennævnte Fakta besluttet sig til at indføre Vinkelarmsbremsen i Bivognene.

Som tidligere nævnt er Sliddet ca 0,3 mm. pr. Maaned. Regner man med Indstilling hver 3'die Maaned, hvilken kan foretages ved at flytte et Tilbageslagsstop frem mod Cylinderens Bund, hvorved Bakkerne nærmes til Bremseskiven, og samtidig afkorte Stempelstangen, hvorved saavel Begyndelsesstilling som Arbejdsstilling for Stemplet kan opretholdes, saa vil man kun faa en maksimal Variation af Stempelstillingen paa $0,9 \times 9,4 = \text{ca } 8,5$ mm. Hertil svarer en Ændring af Stempelkraften paa ca 25 kg. eller en Forøgelse af Bremsevejen paa ca 4 % ved 85 Amp., altsaa praktisk talt konstant Bremsning, da Udvekslingen jo i denne Bremse er konstant, uafhængig af Sliddet.

Motorvognens Bremsning er nogenlunde proportional med Bremsestrømmen, og det er derfor fordelagtigt, om Bivognens Bremsning ogsaa er proportional med Bremsestrømmen. Det vil let ses, at dette saa temmelig er Tilfældet, idet Trækkraftkurven for den anvendte Solenoidebremse S_3 , Fig. 9, ved en Afstand af 50 mm. fra Bund som Funktion af Strømmen saa temmelig nær en ret Linie gennem Nulpunktet.

Det ses af ovenstaaende, at man i hvert Fald ved Indstilling hver 3'die Maaned vil faa en fuldt ud tilstrækkelig konstant Bremsning, som ydermere ganske vil kunne følge Motorvognens Bremsning, og dette Resultat opnaas uden nogen Art af automatisk Indstillingsmekanisme.

Undersøgelse af Friktionskoefficient for Bremsematerialer.

Københavns Sporveje har gjort en Del Forsøg for at bestemme Friktionskoefficienten for de forskellige Bremsematerialer.

Til Forsøgene blev benyttet en Bivogn med Vinkelarmsbremse, saa disse er altsaa udført under driftsmæssige Forhold og ikke ved Laboratorieforsøg; selvom Resultaterne maaske ikke helt svarer til, hvad man vilde finde ved videnskabelige Fremgangsmaader, saa maa de fundne Koefficienter dog siges at være de Værdier, man maa regne med ved den forhaandenværende Bremse og er i hvert Fald Bremsens Omsætningskoefficient ved det benyttede Materiale.

Iøvrigt er de Friktionskoefficienter, der opgives for Bremsematerialer saa forskellige, saa det nok kan have Interesse at undersøge, hvad man egentlig bør regne med under de forhaandenværende Omstændigheder.

Forsøgene er gjort paa den Maade, at Bivognen blev forsynet med en Trollestang, hvorigennem Bivognen forsynedes med en konstant Bremsestrøm gennem Reguleringsmodstande. Strømmen blev registreret med et Gnistregistrerapparat, og Fremgangsmaaden var nu den, at Vognen blev bragt op paa en vis Begyndeshastighed skubbet af en Motorvogn, hvorpaa den blev overladt til sig selv og Bremsestrømmen blev sat paa. Hastigheden blev nu registreret under Bremsningen af et andet Registrerapparat, og Hældningen af den registrerede Hastig-

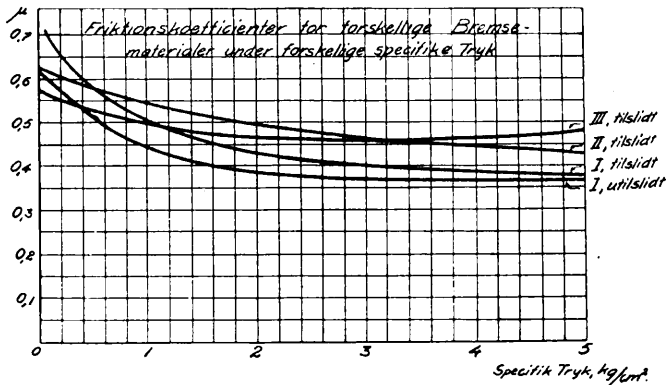


Fig. 20.

hedskurve er da et Maal for Retardationen, idet Tiden markeres paa Papiret for hvert Sekund.

Af Retardationen beregnedes ved Hjælp af Vognens Vægt den retarderende Kraft og derigennem Periferikraften i Bremsbakkernes Trykcentre. Klodstrykket udregnes af Solenoidekraften, som udtages af Solenoidens Trækkraftkurver, idet jo Strømmen og Stemplets Stilling i Forvejen er bestemt.

Forholdet mellem Periferikraften og Klodstrykket er Materialets Friktionskoefficient eller i hvert Fald Omsætningskoefficienten for Bremsen ved det benyttede Materiale.

Resultaterne er optegnede i Fig. 20 som Funktion af det specifikke Tryk, der faas ved at dividere det samlede Klodstryk med det samlede Klodsareal.

Som det vil ses, er Koefficienten varierende med Trykket, idet den falder noget med stigende Tryk.

Under 0.5 m./Sek.^2 retarderes der sjældent, og dette svarer til et specifikt Tryk paa ca 1.5 kg./cm.^2 . Ved dette Tryk er Friktionskoefficienten for de forskellige Materialer ca 0.48.

Ved stigende Tryk synes Koefficienten at blive konstant ved 4.5 kg./cm.^2 svarende til en Retardation paa ca 1.5 m./Sek.^2 . Ved dette

Tryk er Koefficienten for det ene Materiale omtrent 0,38 og for de andre Materialer ca 0,45.

Det vil ses, at det utilslidte Materiale har en noget mindre Koefficient, sandsynligvis fordi det specifikke Tryk her er noget større end beregnet.

Fra 10 til 20 km./h. Hastighed var der ingen Forskel at konstatere i Friktionskoefficienten.

Ved Overhældning med Vand gik Koefficienten for et af Materialerne ned til Halvedelen, men som tidligere bemærket, er Bremsen jo ikke meget udsat for Fugtighed.

Motorvogns-Haandbremses.

Naar den elektriske Bremse har virket saa længe, at Vognens Hastighed er bragt ned paa et vist Minimum og Korenøglen staar paa sidste Bremsekontakt, saa man ikke er i Stand til yderligere at formindske Modstanden i det elektriske Kredsløb, vil Bremsevirkningen aftage stærkt og tilsidst praktisk talt udeblive.

For at bringe Vognen helt til Standsning i en rimelig Tid vil det være nødvendigt at have en anden Bremse til Raadighed, hvis Virkning er uafhængig af Hastigheden. Dette gælder naturligtvis i særlig Grad, hvis man befinder sig paa en Faldstrækning. Det vil naturligvis ogsaa være nødvendigt at have en Reservebremse for den elektriske Bremse, hvis denne skulde svigte.

Til Opfyldelse af begge disse Formaale har man hidtil sædvanligvis anvendt en Haandbremse, der betjenes af Vognstyreren med et Haandsving og som virker gennem Vægtstænger med Klodser paa Hjulbandagerne ganske som den hidtidige Bivognsbremse. For det første Formaal er denne Bremse i og for sig tilstrækkelig, men for det andet alt andet end fyldestgørende, da den ikke virker paa Bivognen.

Det er ogsaa en bekendt Ting, at mange Ulykker, som skyldes en Svigten af den elektriske Bremse, kunde være undgaaet, hvis man havde haft en Reservebremse, der kunde afkorte Bremsevejen med nogle Meter i Forhold til Haandbremsen. Det er tidligere omtalt, at man her vilde have den bedste Hjælp i en Skinnebremse med Strøm fra Overledningen, der ogsaa virker paa Bivognen, og det er vel muligt, at den stadig forøgede Rejsehastighed i Fremtiden vil gøre en saadan Reserve- eller Nødbremse nødvendig.

Som Stoppestedsbremse er Motorvognshaandbremsen naturligvis tilstrækkelig, men ogsaa her gælder selvfølgelig lignende Betragtninger som anført for Klods-Bivognsbremsen om end i mindre Grad, da den ikke er Driftsbremse og derfor Sliddet er mindre, hvorfor ogsaa Indstillingsarbejdet og Udskiftningsbekostningen bliver mindre. Den med Føret varierende Friktionskoefficient er dog naturligtvis lige generende.

Københavns Sporveje har derfor ligesom for Bivognene gjort Forsøg med forskellige nyere Former for Motorvogns Haandbremses. som her nærmere skal omtales. Det skal dog straks anføres, at den endelige Form for den fremtidige Haandbremse endnu ikke ligger fast.

I Fig. 21 vises forskellige Retardationskurver ved Bremsning fra 30 km./h. Hastighed som Funktion af Tiden. Kurvene er optaget med

Bremsekurver.

Bevægelseshastighed 30 km/Min.
Vognvægt 11.5 t.

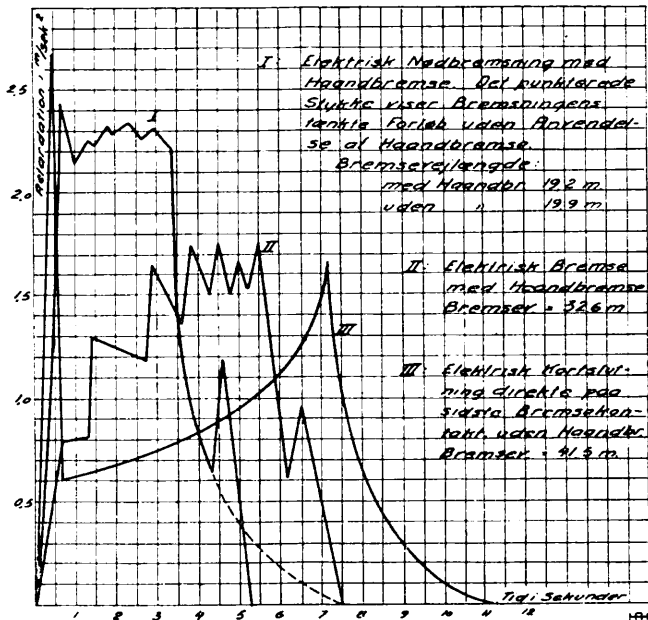


Fig. 21.

Wimperis Akcelorometer. Kurve I viser en elektrisk Nødbremning, som har været meget vellykket, idet Vognen er standset paa ca 5,3 Sek., svarende til en Bremssejllængde paa ca 19 m. Kurven viser tillige, hvorledes Retardationen vilde have forløbet, hvis man ikke havde anvendt Haandbremsen. Tiden vilde være blevet forlænget med 2 Sek., og man vilde altsaa spille denne Tid ved hvert Stoppested.

Ved en Linie med 30 Stoppesteder betyder det et Tidstab paa 1 Minut, og det er just det enkelte Minut man diskuterer med Vognstyreren, naar man vil forøge Rejsehastigheden.

Kurve II viser en mere normal elektrisk Bremsning paa ca 7.5 Sek., svarende til en Bremssejllængde paa 32.6 m., og endelig viser Kurve III en mislykket elektrisk Bremsning, hvor Vognstyreren er gaaet direkte op paa sidste Bremskontakt uden Anvendelse af Grus, hvorved Brems-

strømmen er blevet saa stor, at Hjulene er begyndt at glide paa Skinnerne, idet de dog har drejet sig langsomt rundt. Det vil ses, at Retardationen er faldet betydeligt men stiger igen, idet Hjulene senere faar bedre fat paa Skinnerne og følger Vognens Hastighed, hvorved Bremsevirkning igen indledes. Da der heller ikke er anvendt Haandbremse, er Tiden bleven 11 Sek. Vejlængden har været ca 41.5 m.

Der hersker nogen Uenighed om hvorvidt den elektriske Bremse kan bringe en Sporvogns Hjul til at staa helt stille, hvorved Faren for at faa Flader paa Hjulene bliver meget stor. Teoretisk skulde det vel egentlig ikke kunne finde Sted, idet i samme Øjeblik Hjulene stod stille ogsaa Strømmen vilde høre op og dermed Bremsekraften, hvorfor Hjulene straks vilde begynde at dreje sig igen.

Den Tid Hjulene skulde staa stille vilde derfor ialtfald være meget lille, en Brøkdels af et Sekund. Ankerjernet, som jo er blødt Jern, taber jo næsten øjeblikkelig sin Magnetisme, og Friktion i Lejer, Tandhjul etc. skulde man dog ikke tro var tilstrækkelig til at opveje Friktionen mellem Hjul og Skinner, selvom Føret er fedtet. Jeg personlig erindrings ikke nogensinde at have set, at Hjulene stod helt stille under en Bremsning, i hvert Fald har det kun været saa kort Tid, at det ikke kunde opfattes. Det hævdes imidlertid, at den elektriske Bremse kan frembringe Flader paa Hjulene ved haard Bremsning i fedtet Føre, men det er jo heller ikke udelukket, at en delvis Glidning af Hjulene kan frembringe Flader paa Hjulene, specielt hvis Bandagerne ikke er homogene. Der finder en Slibning Sted paa hele Omkredsen, og det Sted, der er blødest, slides mest.

Ved en Haandbremse til en Sporvogn gælder det om at faa en Bremse, der er saa effektiv som muligt, d. v. s. fordrer saa lille en Kraft og saa lille en Bevægelse som muligt og saa naturligvis er holdbar og billig i Vedligeholdelse.

Ved en Bil bremses man ved et svagt Tryk paa en Pedal og med en ganske lille Bevægelse, og der er derfor egentlig noget urimeligt i at en Vognstyrer maa dreje 2 à 3 Gange paa et Haandsving og saa dog anvende 30 à 40 kg. Tryk. Man maa naturligvis ikke glemme Sporvognens Vægt i Forhold til Bilens, men nogen Forbedring er dog mulig, og det er ogsaa opnaaet ved de moderne Haandbremseser.

Københavns Sporveje har gjort Forsøg med de saakaldte Ankerbremseser, d. v. s. en Bremsetromle der er anbragt paa Ankerakselen og Siemens' saakaldte Getriebebremseser, som virker med indvendige Konstruktion. Konstruktionen er først tilgaaet K. S. gennem A. E. G. og Siemens' saakaldte Getriebebremseser, som virker med indvendige Bakker (Skobremseser), og K. S. har 14 Motorer i Drift efter dette System.

Disse Motorer er iøvrigt leveret af A/S Titan, København.

Ved de videre Forsøg med denne Form for Haandbremse har K. S. anvendt gamle Motorer af Typen G. E. 52. Der er forsøgt med 20 Motorer med Bremseser med udvendige Bakker samt med 14 Motorer,

ligeledes med udvendige Bakkebremsen men af en noget anden Konstruktion og endelig med 2 Motorer med udvendig Baandbremse. K. S. har saaledes ialt 25 Vogne med Ankerbremse. Naar jeg ikke her skal gaa nærmere ind paa disse Bremsers Detailler, saa er Grunden den, at K. S. forholdsvis hurtigt kom til det Resultat, at Systemet Ankerbremse ikke var det bedste, men at man maatte foretrække en Bremse, der virker med en Tromle paa Hovedakselen, og her blev det Baandbremsen, der blev den foretrukne. Grunden til at Hovedakselen efter K. S. Mening maa foretrækkes fremfor Ankerakselen er den, at man her har Mulighed for at bygge en betydelig større Bremse end paa Ankerakselen.

Enten man anvender den ene eller den anden Aksel, er det klart, at man i begge Tilfælde skal formøble den samme levende Kraft i Bremsen, kun at Omdrejningstallet for Ankerbremsen er ca 5 Gange saa stort som for Hovedakselbremsen. Men det viste sig netop ved K. S. Forsøgsvogne, særlig naar de gik paa Linier med Stigninger, at Bremserne blev meget varme, lugtede, samt blev for hurtigt slidt op. Bremserne var altsaa for smaa til at optage den levende Kraft. Anderledes naar man anbringer Bremsen paa Hovedakselen, hvor man har Mulighed for at anbringe en Bremse, der er adskilligt større.

En anden Anke, man ogsaa kan rette mod Ankerbremsen, er den, at den har to Elementer fælles med en elektriske Bremse nemlig Tandhjulene og Ankerakselen. Hvis et af disse to Elementer gaar kaput, virker hverken den elektriske Bremse eller Ankerbremsen. Dette er uheldigt, da Ankerbremsen netop skal tjene som Reserve for den elektriske.

Anbringer man Bremsen paa Hovedakselen har man Reservebremsning med ovennævnte to Defekter. Knækker Hovedakselen, virker Bremsen dog eventuelt paa det ene Hjul. Den gamle Hjulklobsbremse er naturligvis i denne Henseende fortræffelig, da den virker direkte paa Bandagerne.

Fordelen ved Ankerbremsen skulde naturligvis være, at den har det højere Omløbstal, ca 5 Gange saa stort som for Hovedakselen, og derfor Kraftanvendelsen kan gøres tilsvarende mindre. Helt i Forholdet 1:5 staar Kræfterne dog ikke, da man kan regne med en Bremsetromle paa Hovedakselen af en noget større Diameter.

En tilstrækkelig effektiv Bremse kan man dog særdeles godt ogsaa opnaa ved en Tromle paa Hovedakselen, hvis man anvender den ret effektive Haandbremse.

Ovennævnte Anker mod Ankerbremsen, samt at man iøvrigt ikke finder det opportunt i det hele taget at tilføre Ankerakslerne mere Arbejde, end hvad de har i Forvejen ad elektrisk Vej, har foranlediget Københavns Sporveje til at forlade dette System.

Jeg skal i det følgende gøre nærmere Rede for de Hovedakselbremsen, K. S. har gjort Forsøg med.

Sporvejene blev først ledet hen paa Tanken at anvende Baandbremses af en dansk Ingeniør, Scott-Iversen, som har beskæftiget sig indgaaende med Automobilbremses og som er Indehaver af forskellige Patenter paa dette Omraade.

Han udkastede oprindelig den Tanke, at anvende Baandbremses paa saavel Motorvogn som Bivogn og lade Bivognens Bæmsse virke automatisk ved Bivognens Tryk paa Motorvognen, saaledes at et lille Tryk i Koblingstøjet frembragte det nødvendige Bæmssetryk.

Der blev udarbejdet forskellige Forslag i den Retning, men Principet blev dog hurtigt opgivet som værende for kompliceret. Det var

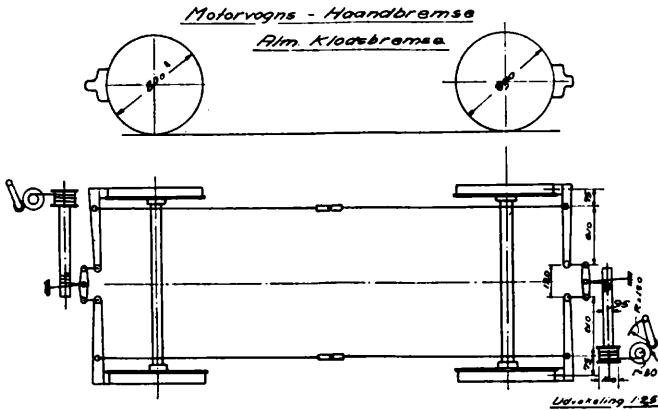


Fig. 22.

iøvrigt Tanken, at den elektriske Bæmsse helt skulde opgives og hele Vogntøget bremses ved et forholdsviis ringe Tryk paa Motorvognens Haandsving. Dette var teoretisk muligt, da man regnede med en dobbeltviklet Baandbræmsse, der jo som bekendt er meget effektiv. Der blev gjort Forsøg i en Motorvogn med en saadan Bæmsse, men paa Grund af Skrigning maatte Bæmssen opgives. Der blev foretaget en Del Undersøgelser for at komme denne Skrigning til Livs, blandt andet efter Anvisninger i engelske Tidsskrifter. Saaledes blev det forsøgt at dele Ferodobelægningen i Sektioner, ligeledes at lægge Gummibaand mellem Staalbaandet og Ferodobelægningen, men det lykkedes ikke at ophæve Fænomenet. Det er jo en bekendt Ting, at enhver Automobilbræmsse skriger ved haarde Ophæmsninger, og der er vel derfor ingen anden Forklaring mulig end at enhver Ferodobremse vil skriges ved haarde Belastninger, naar det specifikke Tryk naar en vis Værdi. Da man i en Motorvogn kun raader over Plads for en vis Tromlebredde, er det jo klart, at man ved en dobbeltviklet Baandbræmsse er ret begrænset med Hensyn til Baandbredde, da man kun kan regne med en Trediedel af Tromlebredden. Herved vil det

Tab af Kraft. Jeg har forsøgt paa ved de to Systemer at bestemme Tabet af Kraft fra Haandsvinget til Trækket i Bremsbaandet ved at anbringe et Dynamometer ved Haandsvinget og et andet direkte i Trækket til Baandet, saa at Størrelsen p blev maalt. Herved fastsloges et Tab paa 35 % af Haandsvingskraften. En Udregning af Scott-Iversens Bremse vil give til Resultat for en 12 ts Vogn og ved 25 kg. Tryk paa Haandsvinget, at man faar en Retardation paa 1,75 m./Sek.² og en Haandsvingsbevægelse paa 40°.

Med Akcelerometer er der maalt 1,45 m./Sek.². At der ikke maaes den fulde Værdi kan sandsynligvis kun skyldes, at φ ikke har haft sin fulde Værdi — u kan sikkert ikke have været mindre end beregnet —, altsaa Baandet ikke har været fuldt tilslidt, hvad der varer temmelig længe.

Det har ogsaa vist sig i Praksis ved Vognen, at Bremserne er tilbøjelige til at stige i Effekt med Brugen. Det er naturligvis en Gæne, at Bremserne saaledes ikke er konstante i deres Virkning. For den almindelige Baandbremse faas ved 25 kg. Haandtryk en Retardation paa 1,41 m./Sek.² og en Haandsvingsbevægelse paa 165°. For denne Vogn maltes 1,2 m./Sek.².

Scott-Iversen Bensen har altsaa ved samme Haandtryk ca 24 % større Bremseseffekt og ca 4 Gange mindre Bevægelse.

En Bevægelse paa 165 Gr. for den almindelige Baandbremse virker jo egentlig ikke afskrækkende og repræsenterer jo ikke nær, hvad man er vant til ved de gamle Klodsbremser, 2 à 3 Omgange, men det maa ikke forglemmes, at der altid i Systemet er nogen Elasticitet og noget Sløre, hvad der vil forlænge Bevægelsen meget.

Det er maaske ogsaa i Praksis sikrere at regne med 2 mm. Løsning, hvorved den ene Bremse kommer op paa ca 1 Omdrejning og den anden paa ca $\frac{1}{4}$ Omdrejning. Disse Værdier passer omtrent med, hvad K. S. har maalt i Praksis.

Retardationerne 1,4 à 1,75 m./Sek.² er særdeles respektable Værdier, men med Bivogn dog altfor lidt i Faretilfælde, hvis den elektriske Bremse svinger.

Det kunde være interessant at se, hvad der kan opnaas med 25 kg. Haandtryk ved den gamle Klodsbremse, som Sporvejene hidtil har anvendt, se Fig. 22. En Udregning giver en Retardation paa 1,37 m./Sek.² og en Bevægelse paa 1,5 Omgang paa Haandsvinget ved 4 mm. Løsning, og mindre kan man sikkert ikke regne med.

At man i Praksis ofte har meget mere end 1,5 Omgang hidrører fra, at man formentlig i Regelen har større Luftrum paa Grund af Slid, hvorimod en Baandbremse ikke slides saa hurtigt, og endvidere at Elasticiteten er meget større her, idet Udvekslingen ned til Klodserne er 105, medens den til Baandbremsernes Træk kun er henholdsvis 12 og 20,3.

Nedenstaaende Tabel giver en Sammenligning mellem de tre omtalte Haandbremsere:

	μ	Retardation	Løsning	Drejning af Haandsving
Klodsbremse	0,16	1,87 m./S. ²	4 mm.	1,5 Omdrejning
Almindelig Baandbremse	0,40	1,41 >	2 >	0,92 >
Scott-Iversen Bremse.....	0,40	1,75 >	2 >	0,22 >

Kraft paa Haandsving = 25 kg. Vognvægt = 12,000 kg.

Det vil ses, at Baandbremserne er adskilligt gunstigere end Klodsbremsen. Af Baandbremserne er Scott-Iversens jo langt at foretrække

Bremsekurver

Opløst med tom Motorvogn, Vægt 1181
 Begyndelseshastighed 39 "Tum

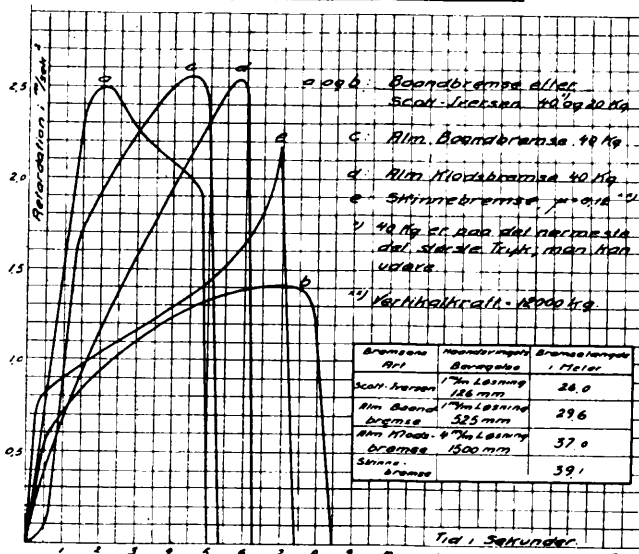


Fig. 25.

for den almindelige Baandbremse, og dens lille Bevægelse vil særlig faa Betydning, hvis man gaar over til en Haandbremsebetjening som ved Bilerne med en ganske kort Bevægelse.

Scott-Iversen Bremsen er maaske noget vanskeligere at anbringe end de andre Baandbremsere.

Københavns Sporveje har ca 40 Vogne i Drift med almindelig Baandbremse og kun een Forsøgsvogn med Scott-Iversens. Vognene har alle i ca 1 Aar til Dato for saavidt arbejdet tilfredsstillende, naar undtages nogen Skrigen ved haarde Belastninger.

Med Hensyn til Vedligeholdelse og Indstillingsarbejde taaler Klodsbremsen jo ingen Sammenligning med disse Bremseser.

Fig. 25 viser nogle Retardationskurver for de omtalte Bremseser. Forsøgene er udført med 40 kg. Tryk paa Haandsvinget, hvad der er det meste, man kan præstere.

Det vil ses, at alle tre Haandbremseser kan give en Retardation paa 2,5 m./Sek.² ved dette Tryk, men denne Retardation naas ikke samtidig, hvad der gør Bremsningen forskellig. Friktionskoefficienten er stigende med faldende Hastighed, hvorfor man først faar den maksimale Retardation ved Slutningen af Bremsningen. Dette gør sig dog ikke saa stærkt gældende ved Ferodobremserne som ved Klodsbremsen, hvor man har Jern mod Jern.

Ved Scott-Iversen Bremsen ses det, at den maksimale Værdi naas tidligere men Retardationen falder saa igen. Hvad Grunden hertil er, er jeg ikke blevet klar over. Men at Bremsningen saa hurtig kommer op paa sin maksimale Værdi, er naturligvis en stor Fordel.

Kurve *b* viser ogsaa Retardationen af en Scott-Iversen Bremse men kun ved 20 kg. Haandtryk. Man ser her, at det gaar betydelig langsommere med at komme op paa maksimal Friktionskoefficient.

Figuren viser ogsaa en Retardationskurve *c* for en Skinnbremse.

Diskussionsinlägg:

Overingeniören Kielland, Oslo:

Det var meget intressant å höre ing. Balslevs utredning om de mange forskjellige bremseforsök man har utfört ved Kjöbenhavns Sporveier og det er jo ogsaa i Kjöbenhavn god anledning til å anstille den slags sammenlignende prøver som krever horisontal bane.

I Oslo derimot har vi jo store stigninger og det var bare en frukt av den hårde nödvendighet, at vi så oss om efter en ekstra bremse i tillegg til den overalt anarkjente sikre elektriske kortslutningsbremse.

Når vi i Oslo har spurvognstog med 218 menneskeliv, (52 tons) fullt lastet og som befinner sig optil 120 m. over linjens laveste punkt med stigninger på optil 1 : 15 — 7 % — så kan sporveiens ansvarshavende virkelig föle sig uvel ved tanken på hvorledes det vel vilde gå, om dette tunge tog löp löpsk ned gjennom byen.

Efter omhyggelige prøver og overveielser fant vi da i skinnemagnetbremsen hvad vi trengte, nemlig en öket friksjonsvekt som vi slapp å trekke opover bakkene og bare lot virke, når vi önsket det. Vi tok ikke skinnemagnetbremsen fordi den var en billig bremse, for det er den ikke. Men vi tok den fordi vi fant den er sikker — like sikker som den elektriske, hvis bremsetrin den fölger.

Vi begynte installeringen av skinnbremserne i 1918 og i löpet av et par års tid hadde vi forsynt alle våre motorvogner (ca. 150 stk) hver med 4

skinnebremser med en samlet sugekraft av $3,000 \times 4 = 12,000$ kg. I 1922 $3,000 \times 2 = 6,000$ kg. I alt blir således et 52 tonns vogntog (218 pass.) $3\,000 \times 2 = 6\,000$ kg. I alt blir således et 52 tonns vogntog (218 pass.) 3 vogner ytterligere tilført 24 tonns magnetisk bremsevekt, og dette har været medvirkende til at uhell og kollisjoner senere har været få og ubetydelige.

Ing. Balslev fremviste forskjellige nye håndbremsere og konkluderte med at en ny håndbremsetype virkende på trommel efter en i Danmark patentert metode vilde bli innført i Kjöbenhavn.

Jeg tror også at bestrebelsene må gå ut på å fullkommengjøre sporvognene og ikke alene öke komforten for publikum men også forsyne sporvognene med de aller beste tekniske apparater, således også en moderne håndbremse som skal virke sammen med en elektromagnetisk eller annen kraftig bremse.

Hvilken av disse man bör velge er det vanskelig å gi noget råd om, idet de lokale forhold oftest dikterer avgjörelsen uten hensyn til hvad der måtte ha passet annensteds.

I Oslo har vi erfaring for at magnetskinnebremsen er sikker og god, således som vi nu har forandret den.

Tidligere blev magnetviklingene med i bremseströmkretsen helt fra 1ste kontakt og klossene blev regulert inn på 5 mm. avstand fra skinnene. Dette bevirket en fin og jevn bremsning nedover bakke, men skinnene slet vi jo ut fortere enn forenlig med god ökonomi. Derfor har vi nu kun kortslutningsbremse på de første brukskontakter og skinnebremsen slippes inn i strömkretsen på et senere tidspunkt (3dje eller 4de kontakt): på siste kontakt kommer dessuten friskström inn i magneten på en spesiell isolert magnetpole.

Til slutt vil jeg ha uttalt at jeg ikke riktig forstår hvorfor man i Kjöbenhavn ifölge hr. Balslev ikke kan stanse meget hurtig med skinnemagnetbremse, når vi i Oslo fra 30 km. hastighet, altså med en fart av 8 m. i sekundet, kan stoppe et vogntog på 6 m., altså på under ett sekund. Da går riktignok alle i vognen værende hurtig forover, og dette kan bevirke at der avstedkommes en ny mindre ulykke inne i vognen, selv om der visstnok samtidig avverges en større ulykke på gatan.

Vi gamle sporveismenn som har sett utviklingen innen de forskjellige trafikmidler må kunne enes om å anerkjenne det utvilsomme forsprang i komfort og utstyr automobil- og omnibuss konstruksjonene byr publikum og det blir vår sak å föolge efter. For å nevne en ting först og fremst: Vognföoreren bör kunne sitte å kjöre i en likeså bekvem stol i trikken, som han gör i bussen.