

## OLIKA BROMSSYSTEM VID SPÅRVÄGAR.

Föredrag av maskiningenjör *E. Engdahl*,  
Stockholms spårvägar.

Lika väl som det erfordras tillförande av kraft för att sätta i gång och fortfarande hålla i gång en spårvagn, lika väl måste man använda kraft för att bringa en i gång varande spårvagn till stillastående. Detta sker genom att bromsa vagnen, d. v. s. att påverka hjulaxlarna med ett vridande moment, som motverkar den rotation de förut hava genom vagnens rörelse.

De fordringar man bör kunna ställa på en god broms äro följande:

1. Vagnen måste medelst bromsen kunna stannas på kortast möjliga vägsträcka. Bromsen måste dessutom vara tillräckligt kraftig att kunna bromsa en vagn till stillastående i de största förekommande lutningarna.

2. Bromsen får ej verka så kraftigt, att hjulen fastlåsas och glida på skenorna.

3. Bromsens verkan måste kunna varieras efter skenornas beskaffenhet och efter linjens lutningsförhållanden.

4. Bromsen får ej vid användning frambringa sådant buller, att det samma verkar störande för de i vagnen åkande eller för gatutrafiken i allmänhet.

5. Bromsens betjänande får ej förorsaka vagnföraren någon nämnvärd kraftansträngning och får ej hindra honom i användningen av andra för vagnens manövrering befintliga anordningar.

6. Bromsen måste under drift vara lätt tillgänglig samt lätt att efterse och inreglera.

7. Bromsen måste vara möjligast enkelt konstruerad, vara så mycket sig göra låter skyddad för föroreningar samt tarva så små underhållskostnader som möjligt.

I regel föreskrives av myndigheterna på de platser där elektriska spårvägar finnas, att vagnarna skola vara försedda med två av varandra oberoende bromsar. Detta betyder i allmänhet, att den ena bromsen är en så kallad handbroms, där den större eller mindre bromsverkan, som bibringas vagnen, är helt beroende av den kraft, varmed vagnföraren medelst handen påverkar bromsanordningarna, och dels en annan broms, som manövreras av föraren, men vars styrka är helt oberoende av den kraft, varmed föraren manövrerar bromsen ifråga, men beroende av det sätt på vilket denna manövrering sker.

Den äldsta förekommande bromsen, handbromsen, är en mekanisk broms, där föraren genom vridning på en vev eller en ratt sätter en axel i rotation, vilken sedan förmedelst kättingar och diverse hävarms-system påverkar invid hjulen fästade bromsklotsar, vanligen av tackjärn för att ej för mycket nöta de av stål bestående hjulringarna, så att dessa bromsklotsar mer eller mindre starkt pressas mot hjulringarna och därigenom sträva att hindra dessa att rotera. Då friktionen mellan en i vila befintlig kropp, bromsklotsen, och en roterande kropp, hjulringen, är beroende av trycket mellan kropparna ifråga, så framgår härav, att bromsverkan blir större ju större det tryck är, varmed bromsklotsen pressas mot hjulet, eller med andra ord, större ju mer kraft föraren använder i bromsveven. Som denna kraft ej gärna kan överstiga 25 à 30 kg., måste genom lämplig utväxling mellan bromsvev och bromsklots sörjas för att därvid tillräcklig bromskraft erhålles. Då hjulen rulla över skenorna betyder detta, att den punkt på hjulet, som är i beröring med skenan, är i vila relativt densamma eller att således

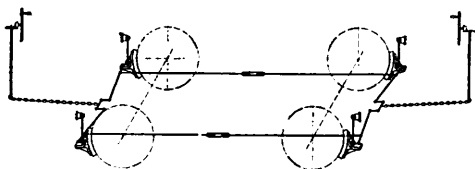


Fig. 1.

friktionen mellan hjul och skena är friktionen mellan två föremål i vila och således till största delen är beroende av vagnens vikt samt hjulens och skenornas beskaffenhet men ej vagnens hastighet, under det att friktionen mellan bromsklots och hjul är friktionen mellan två kroppar i rörelse och således beroende av dels bromstrycket och dels vagnens hastighet. Som vidare mellan två föremål vilofriktionen alltid är större än rörelsefriktionen framgår, att en ökning av bromstrycket, så att friktionen mellan bromsklots och hjul blir större än mellan hjul och skena, varvid hjulen fastlåsas, alltid har till följd att bromsningen reduceras. Denna reducering av bromsverkan kan till och med när skenorna äro sliriga bliva så stor, att vagnen ej kan bringas till stillastående. Vid sådana fall tillgripes därför sandning av rälsen, varvid friktionen mellan hjul och skena samt därigenom även maximiverkan hos bromsen ganska avsevärt kan ökas.

Av det ovan sagda framgår tydligt att den bromsväg, som erfordras för att medelst handbromsen stanna en i rörelse befintlig spårvagn, är till stor del beroende av det sätt, på vilket föraren manövrerar bromsen.

Hur handbromsen är anordnad, samt hur densamma fungerar, framgår närmare av fig. 1.

Då denna ovan nämnda maximiverkan hos handbromsen ofta ej kan uppnås utan ganska kraftig ansträngning hos föraren, hava försök gjorts att förbättra handbromsen i så måtto, att föraren med betydligt mindre kraft skall kunna uppnå samma bromsresultat utan att behöva vrida bromsveven alltför många varv. Detta kan göras genom att för-

flytta bromsklotsarna från hjulen till motorerna. Motoraxlarna uppbära å sin ena ända en bromstrumma, inuti vilken bromsbackar äro fästade. Dessa, som äro beklädda med en speciell massa, ferrodo, presas genom dragning i en med handbromsveven kombinerad hävvarm utåt mot bromstrumman och bromsa därigenom densamma. Genom att utväxlingen från motoraxlarna till hjulaxlarna är c:a 1:5, kan man således uppnå samma bromsverkan på hjulaxlarna genom denna anord-

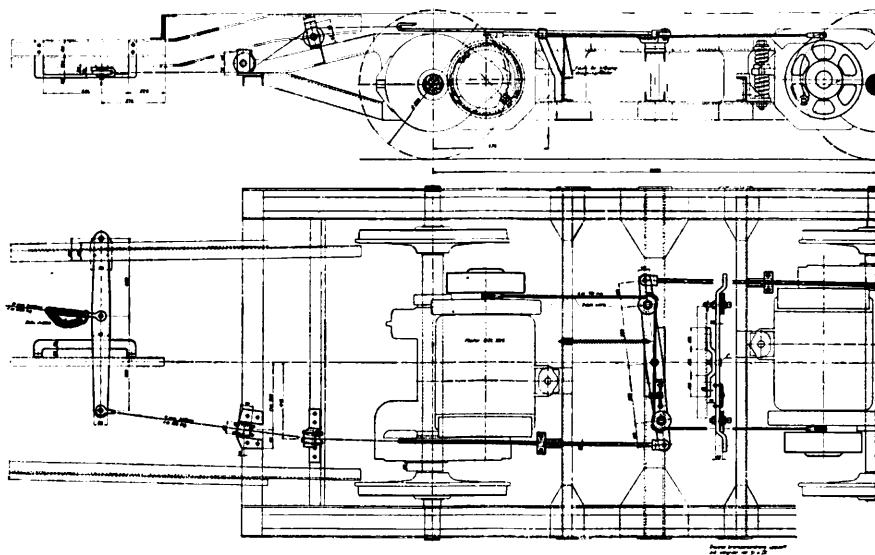


Fig. 2.

ning med  $\frac{1}{5}$  av den kraft som erfordras med den vanliga handbromsanordningen. Upprepade försök hava i Stockholm gjorts med denna broms, men hava de misslyckats så tillvida, att livslängden av beläggningen hos bromsbackarna endast visat sig uppgå till 8 å 10 dagar. Då kostnaden för bromsens hållande i stånd härigenom blir ganska avsevärd samt bromsens effektivitet tack vare utväxlingen är så stor, att man knappast kan undgå att fastlåsa hjulen, vilka därigenom erhålla plattor på löpbanan och ofta måste omsvarvas, samt då bromsanordningen dessutom förorsakar en merkostnad per motor av c:a 1.000:— kronor, hava försöken med denna anordning åtminstone tillsvidare avbrutits.

Denna broms, som utgör ett led i de moderna strävandena att spara materiel genom att speciellt minska slitningen av hjulringarna, har i stor utsträckning använts vid Berlins spårvägar, där livslängden av bromsbackarna visat sig uppgå till c:a 1 år. Detta beror på, att i Berlin bromsen ifråga användes som komplement till den normala driftsbromsen och således användes relativt sällan, under det att i Stockholm bromsen användes som driftsbroms med vilken praktiskt taget varje broms-

ning av vagnen verkställes. Anledningen till detta är, att i regel föraren får använda vilken broms han önskar, för att han skall vara lika förtrogen med manövreringen av dem alla och vid nödtillfällen automatiskt tillgripa dem. Tidigare fanns i Stockholm särskilda föreskrifter över, när den ena eller den andra bromsen skulle användas, men då inträffade ibland vid olyckstillbud, när den ena bromsen mankerade, att föraren helt glömde bort, att han hade mer än en broms.

Anordningen av motorbromsen framgår närmare av fig. 2.

Ett annat utförande av denna samma tanke att bromsa motoraxlarna i stället för hjulaxlarna, har framkommit genom redaktör H. J. Cassel i Stockholm, och har även prov med denna anordning verkställt av

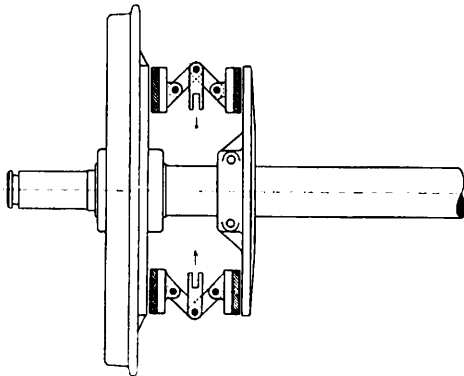


Fig. 3.

Stockholms Spårvägar, men visade sig dimensioneringen av bromsen vara sådan, att densamma knappast kunde bromsa en motor i tomgång utan att för starkt uppvärmas. Omkonstruktion av bromsen i avsikt att avsevärt öka dess effektivitet göres för närvarande av uppfinnaren. Dock förefaller det mig, som om även den nya konstruktionen skulle bli för svag, men kan naturligtvis något slutgiltigt omdöme om densamma

ej göras, förrän den provats i praktiken.

Ett annat utförande av handbromsen för att undvika slitage av hjulringarna är den s. k. »Kniehebel»-bromsen, där bromsningen sker medelst på varje hjulaxel placerade tvenne skivor, mellan vilka bromsbackar äro placerade. Vid bromsning pressas bromsbackarna mot skivorna, varigenom bromsverkan uppstår. Denna broms erfordrar dock så stor plats å hjulaxlarna, att å Stockholms Spårvägars motorvagnar med deras stora motorstyrkor, plats för anbringande av bromsen saknas. Det närmare utförandet framgår av fig. 3.

En annan variation av handbromsen, vilken ej heller är provad i Stockholm, är den mekaniska skenbromsen, vilken består av två mellan hjulen strax över skenorna upphängda bromsskor, vilka genom bromsvevens kringvridande pressas mot skenorna. Nackdelen med denna broms är dels ökat slitage å skenorna, dels sämre bromsverkan, då bromsningen sker med den mindre rörelsefriktionskoefficienten och dels den benägenhet för urspårning, som vagnen lätt får genom att bromsen strävar att lyfta vagnshjulen från skenorna. Motiveringen för användandet av denna broms skulle endast vara, att med det vanliga utförandet medelst bromsklotsar, vilka bromsa hjulringarna, hjulen så ofta skulle fastlåsas, att hjulringarna förlora sin runda form och allt-

för ofta skulle behöva omsvarvas, vilket ej är fallet åtminstone i Stockholm. Utförandet av denna broms synes närmare å fig. 4.

Den andra av handbromsen oberoende bromsen, som av myndigheterna föreskrivits, kan vara av varierande slag, såsom elektrisk kortslutningsbroms, elektrisk skenbroms, luftbroms m. m.

Den s. k. elektriska kortslutningsbromsen är i egentlig mening ej någon särskild broms, utan grundar sig på den egenskapen hos de elektriska motorerna att dessa under vissa förutsättningar kunna tjänstgöra som generatorer, vilka inkopplas på motstånd, som genom reglering på kontrollerveven så småningom urkopplas, tills de äro helt kortslutna. Därigenom

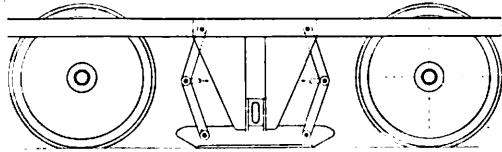


Fig. 4.

uppstår ett vridande moment, som motverkar det vridande moment, som vagnens levande kraft utövar på hjulen, och varigenom vagnens hastighet så småningom minskas ned till noll. Denna kraft är beroende på vagnens hastighet och på den kontakt på kontrollern, som föraren inkopplar, och kan genom urkoppling av tillräckligt stor del av motstånden alltid tillräcklig bromsverkan erhållas. Skulle genom urkoppling av för mycket motstånd strömstyrkan bliva så stor, att hjulen låsa sig, börja dessa omedelbart efteråt åter rotera, ty i samma ögonblick hjulen stanna, upphör bromsverkan, varefter intet finnes, som kan hindra hjulen att åter komma i rotation. Detta är en mycket stor fördel hos den elektriska kortslutningsbromsen i jämförelse med handbromsen. Har vid den senares användning hjulen blivit fastlåsta, måste nämligen föraren först lossa bromsen för att åter få hjulen i rotation, under det att vid användning av kortslutningsbromsen hjulens stillastående endast kan räcka så kort stund, att den saknar nämnvärd praktisk betydelse.

Den påkänning, som vagnmotorerna få vidkännas genom kortslutningsbromsen, är betydligt större än ansträngningen på grund av körningen, varför tidigare, när motorernas hästkrafttal höllo sig omkring 20—30 hkr per motor, det ansågs nödvändigt för att spara motorerna i möjligaste mån att förse axlarna å motorvagnen med elektriskt manövrerade mekaniska bromsar, de s. k. skivbromsarna. Dessa bestå av på hjulaxlarna fastsatta bromsskivor av järn, vilka vid vagnens rörelse rotera framför i vagnens underrede fästade elektromagneter, vilka äro rörliga i axlarnas längdriktning. Vid bromsning genomlöpas magneternas lindningar av motorernas kortslutningsbromsström. Därvid pressas elektromagneterna allt efter strömmens styrka mer eller mindre starkt mot bromsskivorna och sträva därigenom att förhindra axlarnas vridning. Som bromsarnas dragningskraft är ungefär lika stor som motorernas egen bromsande verkan framgår härav tydligt, dels att

bromsningstiden förkortas samt dels den mekaniska påkänningen på motorerna även minskas. Vid de starkare motorer, som numera användas, finnas dessa skivbromsar ej. då motorerna äro tillräckligt kraftiga att utan extra hjälpmedel tåla de med bromsningen förenade stora påkänningarna.

Huru motorerna vid bromsning i allmänhet tidigare voro kopplade, framgår av fig. 5.

Då modernare motorer med kommuteringsspolar började användas,

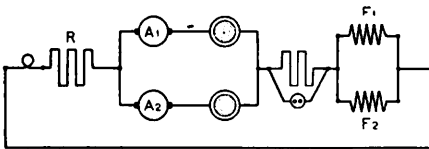


Fig. 5.

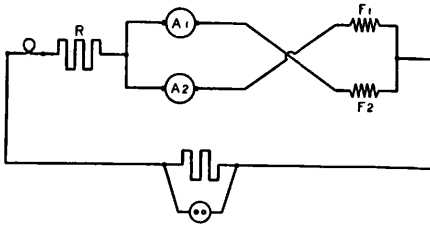


Fig. 6.

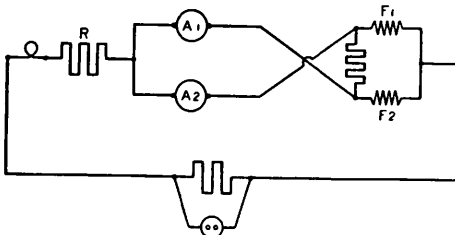


Fig. 7.

måste ändringar i kopplings-schemat vid bromsning vidtagas. På grund av kommuteringsspolornas inverkan kunde den tidigare parallellkopplingen av bägge motorankarna och bägge motorernas fältlindningar ej användas. Inom den strömkrets, som de bägge ankarna bilda, uppstå nämligen alldeles okontrollerbara strömmar både vad styrka och riktning beträffa med ty åtföljande högst varierande påkänningar på de bägge motorerna inbördes. För att avhjälpa detta infördes vid bromsning den s. k. korskopplingen av motorerna. Principen för densamma framgår av fig. 6.

Denna koppling har den olägenheten att vid avbrott i något ankare eller en fältlindning bromsen försättes ur funktion.

För att förekomma detta har av en ingenjör Kraus i Wien utarbetats den s. k. Kraus-kopplingen. Den skiljer sig från den nyss nämnda endast genom att ett

motstånd är inkopplat mellan de bägge motorernas fältlindningar, som närmare framgår av fig. 7.

Den nyss nämnda kopplingen, som ur säkerhetssynpunkt otvivelaktigt utgör en avsevärd förbättring, lider dock av den olägenheten, att ett avbrott på något annat ställe än i ankar- eller fältkretsarna försätter bromsen ur funktion. För att i möjligaste mån avhjälpa denna svaghet hos bromsen, har hos Stockholms Spårvägar utarbetats en bromskoppling, som praktiskt taget omöjliggör att bromsen mankerar. Principen är att de bägge motorerna vid bromsning arbeta helt oberoende av varandra i två skilda strömkretsar. Detta fordrar visserligen

dubbla uppsättningar av bland annat motstånd, d. v. s. ökade anskaffningskostnader, men torde detta mer än väl uppvägas av den ökade driftsäkerheten. För att bromsverkan skall utebliva fordras minst två samtidigt uppträdande avbrott, vilka dessutom skola uppstå ett i vardera strömkretsen, och detta får väl anses vara uteslutet. Vid uppkommande avbrott inom vagnen kan man således alltid räkna med att minst en hjulaxel å motorvagnen bromsas, och finnes släpvagn, bromsas även alltid densamma. Hur detta är anordnat, synes å fig. 8.

Denna koppling är sedan ungefär ett år provad på ett tiotal motorvagnar i Stockholm och med enbart gynnsamma resultat. Orsaken till att denna koppling utexperimenterats är ej så mycket ofta förekommande fel på den elektriska bromsen med förut använd koppling utan mer påståendet, att bromsen vid flera tillfällen skulle hava mankerat, utan att det efteråt varit möjligt att konstatera sannolikheten härav. Med den nya kopplingen däremot kan man utgå från, att har bromsverkan någon gång verkligen uteblivit, måste detta med all säkerhet efteråt kunna påvisas, varigenom orsaken till felaktigheten också lättare kan upptäckas och för framtiden avhjälpas.

Vid fyrmotoriga vagnar användes i Stockholm en bromskoppling enligt fig. 9.

Kopplingen är visserligen sådan, att vid fel i en motor alltid de övriga motorerna bromsa fastän olika kraftigt, men vid uppstående avbrott på andra kablar än motorkablar eller på något motstånd kan bromsningen helt utebli. Detta kan naturligtvis även här avhjälpas genom införandet av helt skilda bromsströmkretsar, men hava försök i denna riktning ännu ej gjorts i Stockholm, då undersökningar pågå att avhjälpas dess nackdelar i samband med problemet att utnyttja en del av bromsströmmen för strömätervingning.

Den elektriska skenbromsen, som förut omnämnts i förbigående, består i likhet med den mekaniska skenbromsen av mellan hjulen omedelbart över skenor upphängda bromsskor, vilka äro utbildade som elektromagneter och vid bromsning inkopplas i motorernas kortslutningsbromsströmkrets, varvid bromsskorna kraftigt pressas mot ske-

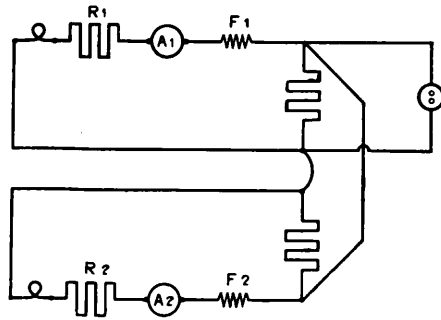


Fig. 8.

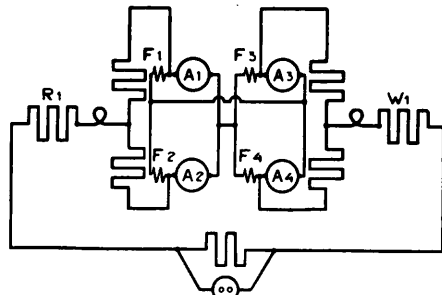


Fig. 9.

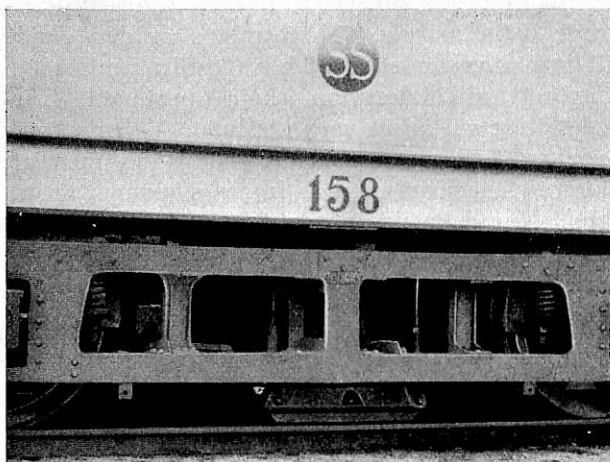


Fig. 10.

norna och genom sin friktion mot de samma hindra vagnens rörelse. I motsats till den mekaniska skenbromsen ökar den elektriska skenbromsen hjulens tryck mot skenorna, varigenom även möjlighet vinnas att avsevärt öka bromsverkan på hjulaxlarna innan den gräns uppnås, då hjulen låsa sig.

I Oslo användes den elektriska sken-

bromsen på alla vagnar och kunna där ytterligt korta bromsvägar erhållas. Genom att därstädes skenbromsen inkopplas redan från första bromskontakten och är i funktion under hela den elektriska bromsperioden, slites dock rälsen i så hög grad, att vid hållplatser och i sluttningar skenornas livslängd är c:a  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  av den normala för övrigt, vilket ju avsevärt ökar skenunderhållet.

Vår uppfattning i Stockholm är dock, att för normal bromsning är den elektriska kortslutningsbromsen enbart fullt tillräcklig, under det att vid nödbromsning skenbromsen har sina stora fördelar. Vi hava därför gjort försök även med skenbroms, men hava gjort kopplingen så, att skenbromsen inkopplas först på de två sista bromskontakterna. Härigenom uppnås den mycket stora fördelen, att vid vanlig bromsning praktiskt taget skenbromsen ej kommer till användning, under det att vid nödbromsning dess fördelar så gott som fullständigt kunna utnyttjas. Genom denna anordning reduce-

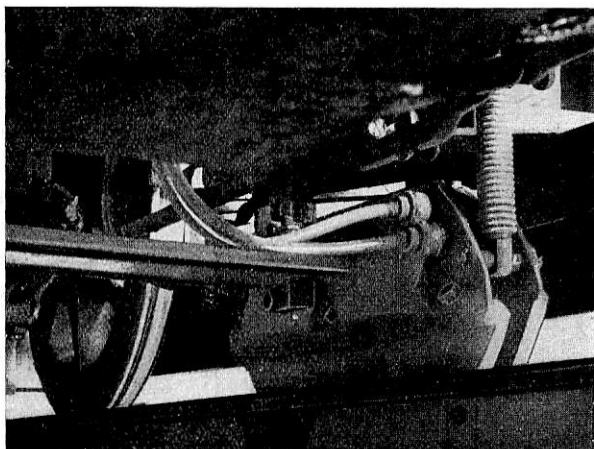


Fig. 11.

ras slitaget av rälsen genom skenbromsen till det minsta möjliga. På grund av Slussbroarnas beskaffenhet är det dock omöjligt att i Stockholm använda skenbromsar å vagnar i trafik utan att avsevärda ändringar göras i konstruktionen av vagnarnas underreden. Det närmare utseendet av den broms, som användes i Oslo och som provats i Stockholm, framgår av fig. 10 och 11.

En annan förut omnämnd broms är luftbromsen, eller riktigare lufttrycksbromsen, då densamma manövreras genom luft av högre tryck än atmosfärtrycket. Principen för densamma är i korthet följande. Luften komprimeras genom en på vagnen monterad kompressor till ett tryck av 4—8 atmosfärer. Vid bromsning trycker luften på en kolv i en cylinder, vilken kolv medelst hävstänger är förbunden med vagnens bromsklotsar, som därvid pressas mot hjulen och bromsa vagnens rörelse. Det närmare utförandet av luftbromsen kommer att meddelas av maskiningenjör Lindholm i ett särskilt anförande. Stockholms Spårvägar hava inga luftbromsar på sina vagnar, men sådana finnas dock på de en del av Stockholms Spårvägars nät trafikerande Lidingöbanornas vagnar.

Som luftbromsens största fördel kan nämnas dess synnerligen lätta manövrering samt dess förmåga att hålla en vagn stillastående utan att handbromsen behöver användas. De nackdelar, som enligt vår uppfattning vidlåda luftbromsarna äro: Stora underhållskostnader, störande ljud genom luftens väsende vid bromsens användande samt dess mindre effektivitet vid nödbromsning, åtminstone vid nuvarande utförande. För att hindra att hjulen alltför mycket fastläsas vid bromsning, bör bromsen vara inreglerad så, att lämplig bromskraft erhålles vid tom vagn. Vid fullastad vagn kan därför ej däremot erforderlig full bromskraft erhållas, vilket nödvändiggör att Lidingövagnarna vid nödbromsning även måste använda den å dessa vagnar installerade elektriska kortslutningsbromsen. I Berlin hava tidigare alla spårvagnar varit försedda med luftbromsar, men äro desamma numera helt borttagna, enligt påstående, beroende av deras enorma underhållskostnader.

För ett par år sedan framkom en ny konstruktion av broms, nämligen den av den belgiske ingenjören Pieper uppfunna oljetrycksbromsen »System Pieper», vilken tillverkas i Belgien av »Compagnie internationale des freins automatique», vanligen kallat C. I. F. A. i Liège, men som för Tyskland och Skandinavien tillverkas av »Knorr Bremsen Gesellschaft» i Berlin.

Idéen vid denna broms är densamma som vid luftbromsen, nämligen en i en cylinder befintlig kolv, vilken i sin tur påverkar bromsklotsarna. Denna kolv manövreras i detta fall ej av luft utan av olja, vilken finnes innesluten i en behållare på vagnen. Behållaren innehåller utom olja även luft av c:a 4,5 kg. tryck, vilken strävar att pressa ut oljan ur behållaren. Denna luftmängd behöver endast förnyas med längre tids mellanrum, varför någon särskild kompressor ej erfordras

på vagnen. Vid bromsning öppnas utloppsledningen från oljebehållaren genom elektriskt manövrerade ventiler. Oljan trycker på en cylinderkolv, vilken därvid rör sig och genom hävstångssystem påverkar bromsklotsarna, varigenom bromsning sker på vanligt sätt. Kolven är anordnad som kärna i en solenoid, och återföres i viloläge genom att ström sändes genom solenoidspolen, varvid bromsen lossas och oljan åter tryckes in i behållaren. Strömmen för manövrering av de ovan nämnda ventilerna samt för solenoiden tages dels från medförda 6-voltsbatterier, dels från kontaktledningen.

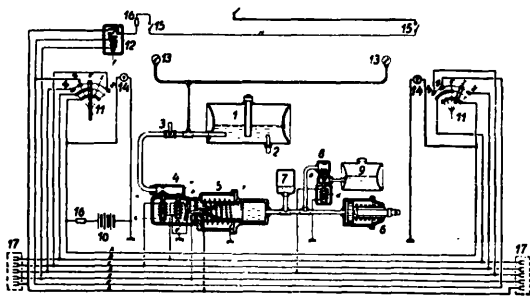


Fig. 12.

bromsen verkar fullkomligt utan störande ljud. Utom samma nackdel som luftbromsen att ej vid nödbromsning fullt utnyttja adhesionsvikten, förefaller det dessutom som om åtminstone i vårt klimat svårigheter vintertid skulle uppstå genom oljans benägenhet att vid kyla bli tjockflytande.

Det utförande, som Cifabromsen fått i Köpenhamn, framgår av fig. 12.

Alla ovan nämnda bromsar äro avsedda för motorvagnar, men med undantag för den elektriska kortslutningsbromsen samt den direkta mekaniska bromsningen av motoraxeln, kunna de även användas för släpvagnar. För dessa användas även ibland elektriska solenoidbromsar, där en järnkärna, förbunden med vagnens bromsklotsar, genom elektrisk ström drages in i en trådspole. Strömmen till såväl denna broms som till den i det föregående nämnda elektriska skivbromsen, vilken sistnämnda här i Stockholm är den vanligaste elektriska bromsen för släpvagnarna, tages från motorvagnens kortslutningsbromsströmkrets genom en vagnarna förbindande, löstagbar kabel.

Som slutord vill jag framhålla, att någon anledning för Stockholms Spårvägar att övergå till något helt nytt bromssystem enligt min uppfattning ej förefinnes, utan bör man inrikta sig på att göra de förbättringar inom respektive befintliga system, som eventuellt kunna tänkas.