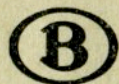


NATIONALE MAATSCHAPPIJ DER BELGISCHE SPOORWEGEN

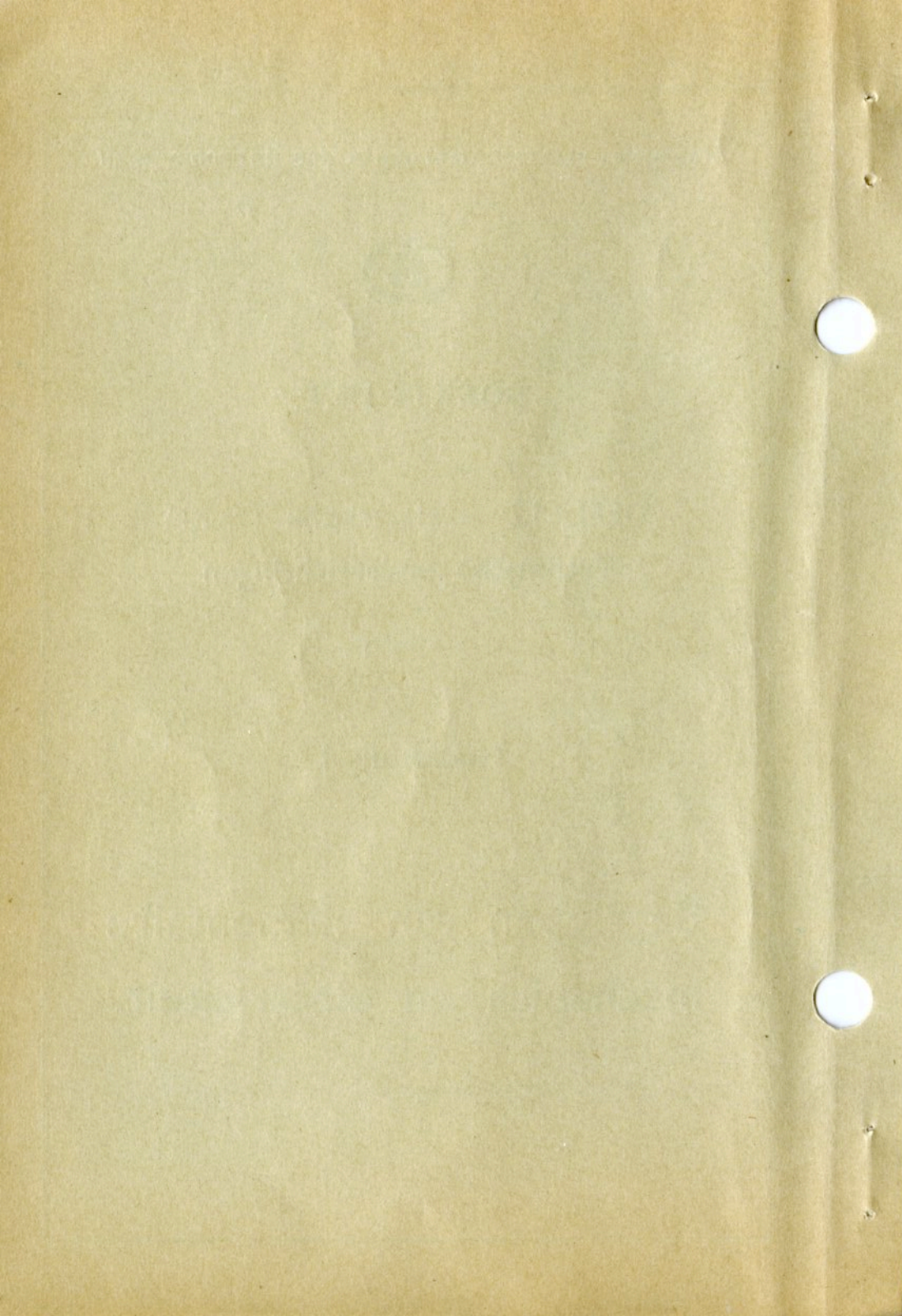


BOEKJE HLT

DEEL 12 — Electrische Tractie
Technische onderrichtingen

Hoofdstuk I

Begrippen van elementaire
mechanica en electriciteit.



Inhoudstabel.

	Nr der artikels
A. ELEMENTAIRE MECHANICA.	
Kracht	1
Snelheid	2
Versnelling	3
Arbeid	4
Vermogen	5
Bouten en moeren	6
Assen en koppelingen	7
Kussenblokken of lagers	8
Schijven en riemen	9
Tandradoverbrengingen	10
Slepende wrijving (glijwrijving)	11
Rollende wrijving	12
Doel van het smeren	13
Weerstand tegen het rollen der treinen	14
Adhesie of aanklevingskracht	15
Het nuttig effect	16
 B. ELEMENTAIRE ELECTRICITEIT.	
De elektrische cellen	1
De accumulatoren	2
De dynamo	3
De spanning	4
Gevaren van de electriciteit	5
De voltmeter	6
De stroom	7

Boekje hlt

12. I.

Inhoudstabel.

Bladz. 2.

	Nr der artikels
De ampèremeter	8
De geleiders en de kringen	9
De isoleerstoffen	10
Draden en kabels. — Aansluiting	11
De schakelaars	12
De weerstand	13
De wet van Ohm	14
Toepassing van de wet van Ohm	15
Spanningsverval in een geleider	16
Specifieke weerstand (resistiviteit) ...	17
Serieschakeling van weerstanden	18
Parallelschakeling der weerstanden ...	19
Joule-effect	20
De kortsluiting	21
De smeltveiligheden	22
De gloeilampen	23
De arbeid en het vermogen in electri- citeit	24
Voorbeelden van berekening van ver- mogen en verbruik	25
De tellers ampère-uurmeters	26
De tellers wattuurmeters	27
De magneet	28
De magneetnaald	29
Verschijsel van aantrekking en af- stoting	30
Het magnetisch spectrum	31
De magnetische inductie of invloed ...	32
De electromagneten	33
Proeven van Oersted	34
De ampèremeter	35

Boekje hlt

12. I.

Inhoudstabel.

Bladz. 3.

	Nr der artikels
De shunt	36
De voltmeter	37
Bepaling van geïnduceerde stromen ...	38
Inducerende en geïnduceerde stromen.	39
Grondbeginsel van de generatoren ...	40
De dynamo	41
Samenstelling van een dynamo	42
Grondbeginsel der motoren	43
Samenstelling van de inductor	44
Eigenschappen van de seriemotor ...	45
In gang zetten van de seriemotor	46
Omkeren van de draairichting van electrische seriemotoren	47
Shunten	48
Contactoren	49
De electromagnetische contactor	50
De electropneumatische contactor ...	51
Contactoren bewogen door nokkenas ...	52
De electrokleppen	53
Pneumatische motor	54
Pneumatische motor met gelijke zuig- gers en volledige slag	55
Pneumatische motor met gelijke zuig- gers en gegradueerde slag	56
Pneumatische motor met ongelijke zuigers	57
Omkeren der draairichting	58
Buiten dienst stellen van een motor ...	59
Aanloopweerstand	60
De aanloopweerstand met band ...	61
De aanloopweerstand met rooster	62

Boekje hlt

12. I.

Inhoudstabel.

Bladz. 4.

	Nr der artikels
Stroomafnemers	63
Beveiliging der toestellen	64
Hoogspanningssmeltveiligheden	65
Maximaalrelais	66
Nulspanningsrelais	67
Treindraden	68
Toestellen in de stuurpost	69

Hoofdstuk I.

BEGRIPPEN VAN ELEMENTAIRE MECHANICA EN ELECTRICITEIT.

A. ELEMENTAIRE MECHANICA.

1 Kracht. .

Om loodrecht een gewicht van 5 kg op te lichten, moet men een krachtinspanning of een **kracht** ontwikkelen gelijk aan dit gewicht.

Men zegt dat men een kracht van 5 kg moet ontwikkelen.

Wanneer men een gewicht van 7 kg op een oppervlakte plaatst, dan oefent dit gewicht op deze oppervlakte een kracht uit van 7 kg.

Een tweeassige wagen die 8 t weegt en een last van 12 t draagt, weegt in totaal 20 t. Indien de last eenvormig over de vloer van de wagen verdeeld is, draagt iedere as 10 t en ieder wiel oefent op het spoor een kracht uit van 5 t.

Men geeft de naam van **kracht** aan iedere oorzaak die bij machte is de beweging van een lichaam te veroorzaken of te wijzigen.

De praktische eenheid van **kracht** is het kilogram (kg). Zij heeft als veelgebruikt veelvoud de **ton**, die gelijk is aan 1000 kg.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 2.

2 Snelheid.

Iedereen weet dat de volgende verplaatsingssnelheden gemakkelijk kunnen bereikt worden :

voetganger : 5 km/h;
fietser : 20 km/h;
auto : 100 km/h;
trein : 120 km/h en voor zekere sneltreinen
140 km/h;
vliegtuig : 300 tot 1000 km/h.

Dit wil zeggen dat gedurende één uur, een voetganger 5 km aflegt, een fietser 20 km, enz.

Daar 1 uur = 60 min,
= 3600 s

kan men de snelheden uitgedrukt in km/h omzetten in min/s. De hierbovenvermelde snelheden worden :

voetganger : 5 km/h = 5000 m/h = 5000/3600 m/s
= 1,39 m/s;
fietser : 20 km/h = 20 000/3600 = 5,56 m/s;
auto : 27,8 m/s;
trein : 33,3 tot 39 m/s;
vliegtuig : 83 tot 278 m/s.

Een trein die tegen 120 km/h rijdt legt dus 33,3 m af per seconde.

De snelheid is de afgelegde weg (uitgedrukt in km of in m) gedurende de eenheid van tijd (uitgedrukt in uren of in seconden); zij wordt uitgedrukt in kilometer per uur (km/h) of in meter per seconde (m/s) :

1 km/h = 1000/3600 s = 0,278 m/s = 27,8 cm/s;

10 km/h = 2,78 m/s;

100 km/h = 27,8 m/s enz.

3 Versnelling.

In werkelijkheid blijft de snelheid van een fietser, een auto, een trein, niet altijd standvastig gedurende gans de rit.

Bij het vertrek uit een station, is de snelheid van een trein nul.

Zij stijgt geleidelijk tot ze de maximum nodige of op de lijn toegelaten snelheid bereikt.

Men zegt dat de trein versnelt.

Men noemt **versnelling**, de verhoging van de snelheid (uitgedrukt in cm/s) gedurende de eenheid van tijd (uitgedrukt in s).

Indien de versnelling constant blijft gedurende de verplaatsing, zegt men dat de beweging **eenparig** versneld is.

Voorbeeld : een trein vertrekt in een station. Na 10 s heeft hij 9 km/h bereikt (bij eenparig versnelde beweging).

Uitgedrukt in cm/s, is de snelheid gelijk aan :

$$\frac{900\ 000}{3600} = 250 \text{ cm/s.}$$

Daar deze snelheid bereikt is na 10 s, is de versnelling :

$$\frac{250 \text{ cm/s}}{10 \text{ s}} = 25 \text{ cm/s/s.}$$

Indien een trein 120 km/h bereikt (of 33,3 m/s) in 2 min (of 120 s), dan is de gemiddelde versnelling van die trein gelijk aan :

$$\frac{3330}{120} = 27,8 \text{ cm/s/s.}$$

4 Arbeid.

Om een gewicht tot op een zekere hoogte op te lichten, moet men een arbeid verrichten, die evenredig is met het gewicht en de hoogte van de verplaatsing.

Daar de eenheid van gewicht het kg is en deze van de afgelegde weg de m, zal de eenheid van arbeid uitgedrukt worden door het product $\text{kg} \times \text{m}$, **kilogrammeter** genoemd (kgm).

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 4.

Wanneer een kracht op een lichaam inwerkt, verricht zij een **arbeid**. Deze hangt af van de grootte van de kracht en van de afgelegde weg.

De kilogrammeter is de arbeid verricht door een kracht van 1 kg, die een lichaam verplaatst heeft over een afstand van 1 m.

Om een gewicht van 7 kg op een hoogte van 21 m op te lichten, moet er een arbeid ontwikkeld worden van $7 \times 21 = 147$ kgm.

Er valt op te merken dat het gaat over **nuttige** arbeid.

Indien een arbeider die 60 kg weegt, dit gewicht van 7 kg draagt tot op een hoogte van 21 m, moet men, om de totale arbeid te bekomen er de arbeid bijvoegen die hij ontwikkeld heeft om zich zelf tot op die hoogte te begeven 't zij $60 \times 21 = 1260$ kgm.

5 Vermogen.

De arbeid bepaald in bovenstaand voorbeeld zal spoediger gedaan zijn door een man dan door een kind omdat de man « sterker » of « machtiger » is.

Vanwaar het begrip **vermogen** komt.

De eenheid van vermogen is gelijk aan de eenheid van arbeid (kgm) ontwikkeld gedurende de eenheid van tijd (s) : zij wordt dus uitgedrukt in kgm/s.

Men gebruikt dikwijls, als praktische eenheid, de volgende veelvouden :

de paardenkracht (pk) = 75 kgm/s;
de kilowatt (kW) = 1,36 pk = 102 kgm/s.

Wanneer men zegt van een motor (van een auto bijvoorbeeld) dat hij een vermogen heeft van 12 pk, wil dit zeggen dat hij een arbeid kan ontwikkelen van $12 \times 75 = 900$ kgm/s; dit stemt overeen met het oplichten van :

een gewicht van 900 kg op	1 m hoogte in 1 s of
een gewicht van 90 kg op	10 m hoogte in 1 s of
een gewicht van 9 kg op	100 m hoogte in 1 s

Wanneer men zegt dat een motor een vermogen heeft van 20 kW wil dit zeggen dat hij een arbeid kan verrichten van $20 \times 102 = 2040$ kgm in één seconde.

6 Bouten en moeren.

De bout met moer is een orgaan bestemd om twee organen van machines bijeen te brengen door een verbinding waarvan de opstelling en de demontering gemakkelijk zijn.

Over het algemeen worden zij uit staal of uit brons vervaardigd.

De bout heeft een kop en een steel (waarvan een min of meer lang deel draadgesneden is).

De kop van de bout kan verschillende vormen hebben : rond met halfvlak, vierkantig, zeskantig, hamervormig enz.

De steel van de bout is rond.

De draad kan een driekantige vorm hebben (in de meeste gevallen) of de vierkantige.

De buitenvorm van de moer is gewoonlijk zeskantig; de draad is volkomen gelijk aan die van de bout waarmee zij gebruikt wordt.

Om het loskomen van de moer te voorkomen handelt men gewoonlijk als volgt :

— moer met tegenmoer, getande moer met splitpen, Gro-werring.

7 Assen en koppelingen.

Een elektrische motor, een benzine- of Dieselmotor hebben bewegende delen die de as van de machine aandrijven.

Deze as bestaat uit een lange ronde stalen staaf. Hij dient om de beweging over te brengen aan de toestellen die de motor moet aandrijven (een automotor zal het autovoertuig aandrijven, een Dieselmotor zal de vrachtwagen of de railauto aandrijven, de elektrische motor zal overbrengingen, werktuigmachines, een elektrisch motorrijtuig aandrijven).

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 6.

Wanneer het toestel dat moet aangedreven worden ook een as bezit die zich in de verlenging bevindt van deze van de motor en tot de 2 machines met dezelfde snelheid moeten draaien, zal de verbinding tussen de 2 assen gedaan worden door middel van een mof insgelijks van staal.

Indien beide assen zich niet volledig in de verlenging de een van de andere bevinden, maakt men gebruik van van elastische- of beugelverbindingen.

8 Kussenblokken of lagers.

In een machine worden de organen, die aan een draaiende beweging onderworpen zijn, ondersteund door steunstukken die men **kussenblokken** of **lagers** noemt.

Er zijn talrijke voorbeelden in het materieel gebruikt in de inrichtingen van de spoorwegen; kussenblokken van elektrische motoren, aslagers van locomotieven, rijtuigen en wagens (over het algemeen draagpotten genaamd).

Over het algemeen, rust de as in halve schelpen van brons, voorzien van wit metaal; het geheel wordt met olie gesmeerd. Het smeringssysteem kan zich onder verschillende vormen voordoen (ringsmering, packing, enz.).

Soms wordt de olie door consistent vet vervangen; een reserve van vet is voorzien in een daartoe geschikt potje (Stauferstelsel, enz.).

In zekere gevallen, maakt men gebruik van lagers met kogel- of rolbewegingen, zij bevatten een binnen- en een buitenring, een of meerdere rijen kogels of rollen, soms samengehouden in een kooi.

9 Schijven en riemen.

Om een werktuigmachine te doen draaien gebruikt men dikwijls een motor die zijn beweging op de machine overbrengt door een riem (fig. 1).

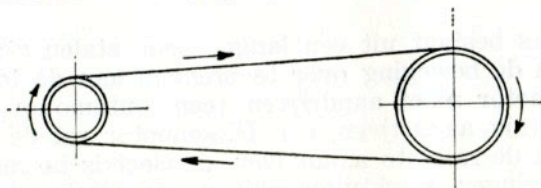


Fig. 1.

Als voorbeeld noemen wij de werktuigmachines van zekere werkplaatsen, de dynamo's voor treinverlichting onder de reizigersrijtuigen.

Die riemen zijn vervaardigd uit leder, caoutchouc of doortrokken weefsel.

Hoofdzakelijk heeft men platte en trapezoidale riemen.

De riemen lopen over **schijven** bevestigd op de motor en op de aan te drijven machine.

De schijven zijn over het algemeen van staal, gietijzer of hout.

De aandrijving van de machine is te wijten aan de eigenschap van de riem van aan de schijven te kleven.

Indien men, voor een riem met gegeven afmetingen, een zeker vermogen overschrijdt **slipt** de riem.

Dit slippen moet vermeden worden, daar het de riem verwarmt.

Het is dus nodig de afmetingen van de riem te kiezen dus ook van de schijven, in verhouding met het over te brengen vermogen.

In zekere gevallen, smeert men de riem met een speciale stof, om de aankleving te verhogen.

Het is insgelijks om de aankleving te verhogen dat men in zekere gevallen gebruik maakt van **gekruste riemen** (fig. 2). In dit geval is de hoek omvat door de riem op de schijf groter.

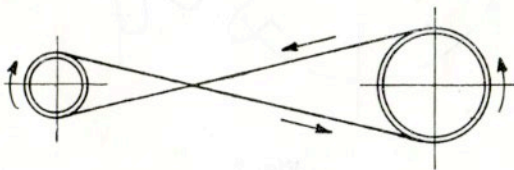


Fig. 2.

Men zal opmerken dat de schijven in dit laatste geval, in tegenovergestelde richting draaien.

Wanneer, in een riemoverbrenging, de schijven dezelfde doormeter hebben, draaien zij met dezelfde snelheid.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 8.

Het is niet hetzelfde wanneer de doormeters van de schijven verschillend zijn. Men maakt er dikwijls gebruik van om de machine te doen draaien op een andere snelheid dan die van de motor die ze aandrijft.

De verhouding van de snelheden der 2 toestellen is gelijk aan de omgekeerde verhouding der doormeters; de schijf die de kleinste doormeter heeft draait sneller.

10 Tandradoverbrenging.

Wij zullen een onderscheid maken tussen de rechte en conische tandradoverbrengingen en schroeven zonder eind.

a) RECHTE TANDRADOVERBRENGING.

Een geheel van twee schijven voorzien van tanden, waarvan het profiel wetenschappelijk werd bepaald, kan dienen om op een as de beweging over te brengen die de andere ondergaat (fig. 3).

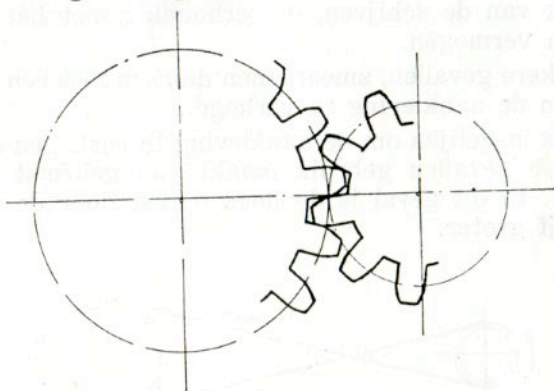


Fig. 3.

De verhouding van de snelheden der 2 assen is gelijk aan de omgekeerde verhouding van het aantal tanden.

In vele gevallen zijn de tanden recht. In zekere gevallen zijn de tanden schuin (fig. 4) of zijn het hoektanden (fig. 5).

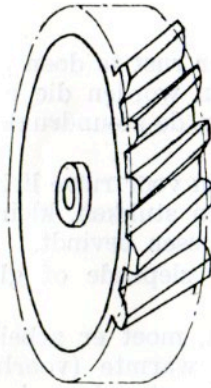


Fig. 4.

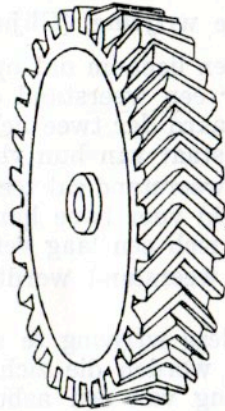


Fig. 5.

b) CONISCHE TANDRADOVERBRENGING.

Wanneer het er om gaat de bewegingen van twee loodrechte op elkaar staande assen samen te brengen maakt men gebruik van conische tandradoverbrengingen (fig. 6).

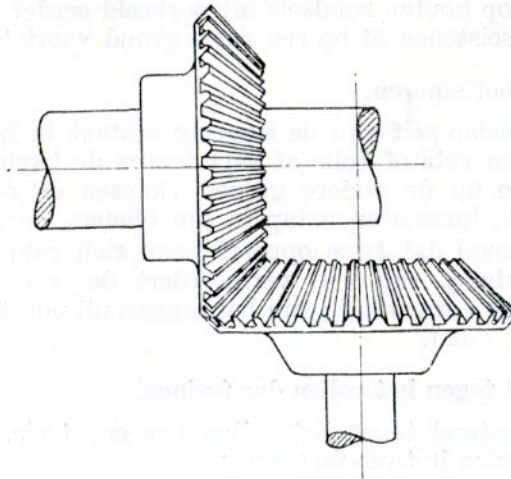


Fig. 6.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 10.

11 Slepende wrijving (Glijwrijving).

Om een lichaam dat op een ander rust te doen glijden, moet er een weerstand overwonnen worden die afhangt van de aard der twee lichamen, van de steundrukking en van de staat van hun vlakken.

Deze weerstand zal zeer groot zijn voor ruwe lichamen, gemiddeld voor twee harde en effen stukken, klein wanneer er zich een laag vet of olie tussen bevindt.

Deze weerstand wordt genoemd slepende of glijwrijving.

Om deze wrijving te overwinnen, moet er arbeid ontwikkeld worden die zich omzet in warmte (voorbeeld : heetloping van een asbus, van een stangkop, in geval van onvoldoende smering).

12 Rollende wrijving.

Om een stuk op een ander te doen **rollen**, moet men ook een weerstand overwinnen, maar veel kleiner dan in het voorgaande geval : dit is de **rollende wrijving**.

Het is daarom dat het veel gemakkelijker is een zware last te verplaatsen door hem te doen rollen op buis-einden of op houten rondsels bijvoorbeeld eerder dan hem op de kasseistenen of op een ruwe grond voort te slepen.

13 Doel van het smeren.

Het principe zelf van de smering bestaat in het plaatsen van een vetstof (olie of vet) tussen de twee vlakken die de ene op de andere glijden (kussen en as in een kussenblok, kussen en astap in een oliebus, enz.).

Iedere maal dat twee oppervlakken zich raken zonder tussenplaatsing van vet, vermeedert de weerstand en er vloeit een verwarming van het orgaan uit voort (warme oliebusen, enz.).

14 Weerstand tegen het rollen der treinen.

De weerstand tegen het rollen van een trein kan gesplitst worden in twee factoren :

- a) de weerstand van de locomotief;
- b) de weerstand van de gesleepte last (rijtuig, wagens).

Deze weerstanden omvatten een deel eigen aan het voertuig, en een ander afhankelijk van de ligging van het spoor (klimming, daling, bochten).

Zij worden over het algemeen uitgedrukt in kg/t (kg weerstandskracht per ton gewicht van het voertuig).

a) DE WEERSTAND EIGEN AAN HET VOERTUIG.

De wrijving van het voertuig op de spoorstaaf en de schokken veroorzaakt door de ongelijkheden van het spoor en de wielbanden veroorzaken de **rolweerstand**.

De wrijving van de assen op de draagkussens veroorzaakt een **binnenweerstand**, eigen aan het voertuig.

Zohaast de snelheid van een voertuig een zekere waarde overschrijdt, ongeveer 30 km/h, werkt de lucht op een belangrijke wijze in, voornamelijk op de kopoppervlakte van het voertuig : men noemt haar **weerstand van de lucht**.

De **storende bewegingen** (slingering, enz.) veroorzaken ongelijks een zekere weerstand.

Het geheel van deze weerstanden kan bepaald worden door proeven en verandert met de snelheid en met de aard van het voertuig.

De onderstaande tabel geeft, als voorbeeld, enige waarden op :

Snelheid in km/h	WEERSTAND in kg/t			
	electrische locomotief	bogie- rijtuig	ledige wagen	geladen wagen
10	3,8	2,80	3,61	1,65
50	5,1	3,40	7,04	3,15
100	10,8	5,20	—	—

De weerstand van een trein samengesteld uit een electrische locomotief van 80 t die 6 bogierijtuigen van 50 t sleept tegen 100 km/h kan als volgt berekend worden :

weerstand van de locomotief : $80 \text{ t} \times 10,8 \text{ kg/t} = 864 \text{ kg}$;
 weerstand van de last : $6 \times 50 \text{ t} \times 5,20 \text{ kg/t} = 1560 \text{ kg}$;
 totale weerstand : $864 \text{ kg} + 1560 \text{ kg} = 2424 \text{ kg}$.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 12.

Het te ontwikkelen vermogen kan als volgt berekend worden :

$$100 \text{ km/h} = \frac{100\,000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 27,8 \text{ m/s.}$$

$$\begin{aligned} \text{Vermogen} &: 2424 \text{ kg} \times 27,8 \text{ m/s} = 67\,400 \text{ kgm/s} = \\ &67\,400 \\ &\frac{\quad}{75} \text{ pk} = \text{ongeveer } 900 \text{ pk.} \end{aligned}$$

Het volstaat inderdaad zich te herinneren dat het vermogen gelijk is aan de arbeid per seconde, en dat de arbeid gelijk is aan de ontwikkelde kracht vermenigvuldigd met de lengte van de verplaatsing.

b) BUITENWEERSTANDEN.

Een voertuig zal zich in een bocht moeilijker verplaatsen dan in rechte lijn omdat de wielen zijwaarts tegen de spoorstaven wrijven.

De bocht veroorzaakt een **bijkomende** weerstand uitgedrukt in kg/t en gelijk aan $\frac{750}{R}$ waarin R gelijk is aan de straal van de bocht.

Voorbeeld : de weerstand van een rijtuig van 45 t in een bocht van 1250 m is gelijk aan :

$$45 \text{ t} \times \frac{750}{1250} \text{ kg/t} = 27 \text{ kg.}$$

De theorie toont aan dat elke mm **helling** de weerstand van het rijtuig verhoogt met 1 kg/t.

Elke mm **daling** vermindert daarentegen de weerstand met 1 kg/t.

Voorbeeld : een trein van 600 t (loomotief inbegrepen) heeft een totale weerstand van 4200 kg op platte baan en in rechte lijn (7 kg/t).

Welke is de weerstand wanneer hij bolt op een helling van 16 mm per meter ?

Hij wordt $(600 \times 7 \text{ kg/t}) + (600 \times 16 \text{ kg/t}) = 600 \times 23 \text{ kg/t} = 13\,800 \text{ kg}$.

Wanneer dezelfde trein het hellend vlak van Luik tot Ans beklimt (ongeveer 33 mm/m) dan wordt zijn weerstand :

$$600 \times (7 + 33) = 24\,000 \text{ kg}.$$

Hij is dus meer dan vervijfvoudigd.

15 Adhesie- of aanklevingskracht.

De oppervlakte van de spoorstaaf en van het wiel van een locomotief, vertonen ruwheden, niettegenstaande dat ze gepolijst schijnen.

Dank zij deze ruwheden, hecht het wiel zich aan de spoorstaaf vast en doet al draaiende de locomotief vooruit gaan.

Om de weerstand tegen het rollen evenals de andere weerstanden die zich verzetten tegen de beweging van een trein te overwinnen, is er een kracht nodig die men trekkracht noemt.

De kracht moet des te groter zijn naargelang de trein zwaarder is, meer assen bevat, enz.; maar de trekkracht die een locomotief kan ontwikkelen is beperkt.

Een wiel slipt als men er een kracht op toepast voldoende om de slepende wrijving te overwinnen.

Deze kracht is gelijk aan het deel van het gewicht van de locomotief gedragen door de drijfassen (P) vermenigvuldigd met een coëfficiënt (f) afhangelende van de slepende wrijving tussen wiel en spoorstaaf.

Dit coëfficiënt wordt adhesiecoëfficiënt genoemd.

Elke kracht groter dan fP , zal een sleping veroorzaken « slipping » genoemd :

Bij zeer droog weer $f = 0,20$.

Bij mistig weer $f = 0,12$.

Op vette sporen $f = 0,10$.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 14.

Men kan de adhesie verhogen door zand te strooien op de spoorstaven. Een voorbeeld zal beter de belangrijkheid van de factor f doen begrijpen.

Het geheel der drijfwielen van een locomotief is belast met 80 000 kg.

De adhesie zal zijn :

— bij droog weder : $0,20 \times 80\,000 = 16\,000$ kg;

— bij mistig weder : $0,12 \times 80\,000 = 9\,600$ kg;

— op vette sporen : $0,10 \times 80\,000 = 8\,000$ kg.

Dit bewijst dat in het eerste geval, de locomotief, zonder doorslaan, een kracht kan verwekken die het dubbele is van het derde geval.

16 Het nuttig effect.

Een kg kolen vertegenwoordigt een zekere hoeveelheid warmte.

Wanneer men een kg kolen in een kachel verbrandt, verkrijgt men practisch niet al de warmte die ze bevatten.

Inderdaad, de as die men bekomt bevat een hoeveelheid niet verbrande kolen, de rook die uit de kachel ontsnapt is warm en neemt dus niet gebruikte warmte weg, enz.

Er is dus verlies.

De totale hoeveelheid warmte die in de kolen vervat is kan dus als volgt ontbonden worden :

totale warmte = nuttige warmte + verlies.

In het beschouwd geval noemt men **nuttig effect**, de

$$\text{verhouding } R = \frac{\text{nuttige warmte}}{\text{totale warmte}}.$$

De verhouding is altijd kleiner dan de eenheid, omdat de nuttige warmte altijd kleiner zal zijn dan de totale warmte.

Het nuttig effect wordt over het algemeen uitgedrukt in % (procent) en zal dus altijd minder dan 100 % zijn.

Het is niet alleen bij de bewerkingen van verbranding dat er verliezen ontstaan.

In een stoomlocomotief bijvoorbeeld, **verbrandt** men kolen om het water te verwarmen en te verdampen.

Deze eerste bewerking gebeurt met verlies (as en warme rook).

De ketel straalt een deel uit van de warmte bevat in het water en de stoom : nieuwe verliezen.

De kracht bevat in de stoom onder druk wordt niet volledig gebruikt in de cilinders, want de stoom ontsnapt onder een zekere druk en voert also een deel der calorieën mede die nodig waren om het water te verwarmen en te verdampen : nieuwe verliezen.

De beweging van het mechanisme van de locomotief (zuigers, schuiven, stangen) gaat vergezeld van wrijvingsverschijnselen, hetgeen bijkomende verliezen veroorzaakt.

Al deze verliezen hebben voor gevolg dat het globaal nuttig effect van de locomotief klein is.

Het begrip van het nuttig effect kan over het algemeen beschouwd worden in om het even welke samengestelde machine (auto, railauto, motorrijtuig en elektrische locomotief) of eenvoudige machine (benzinemotor, elektrische motor, enz.).

B. ELEMENTAIRE ELECTRICITEIT.

1 De elektrische cellen.

De electriciteit uit zich soms onder vorm van natuurverschijnselen, zoals bliksem. Men brengt ze in de nijverheid voort om ze te gebruiken voor **verlichting**, **verwarming**, **drijfkracht**, enz.

De eenvoudigste industriële bron van electriciteit is de cel of het **element**.

Een cel is samengesteld uit een bak, met een vloeistof gevuld, waarin 2 metalen lichamen, **electroden** genaamd, gedompeld zijn. De vloeistof wordt **electroliet** genoemd.

Men kan een cel als volgt samenstellen :

In een glazen bak, gevuld met verdund zwavelzuur, dompelt men een koperen en een zinken plaat, er voor zorg dragend dat ze elkander niet raken. Een zaklamp-

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 16.

gloeilampje, in een lamphouder geplaatst en door koperen draden met de electroden verbonden, zal branden, en alzo het bestaan aantonen van een elektrische stroom.

Men geeft een naam aan elke electrode; de een wordt **positieve** en de andere **negatieve** genoemd. Men heet ze insgelijks **positieve pool** en **negatieve pool**.

Bij overeenkomst wordt aangenomen dat de **stroom**, buiten de cel, van de positieve electrode naar de negatieve electrode vloeit.

Om het vervoer van cellen te vergemakkelijken doet men er poreuze lichamen in (in zekere gevallen zaagmeel).

Deze cellen worden alsdan **droge cellen** genoemd. Men gebruikt ze om zaklampen, bellen, enz. te voeden.

Op de elektrische schema's, wordt de cel aangeduid zoals aangegeven in fig. 1. (De twee verticale streepjes stellen de electroden voor).

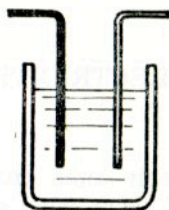


Fig. 1.

Men kan het effect der cellen verhogen door er verschillende in serie te verbinden : daartoe verbindt men de positieve pool van de eerste aan de negatieve van

de tweede, de positieve van de tweede aan de negatieve van de derde, enz. (fig. 2).

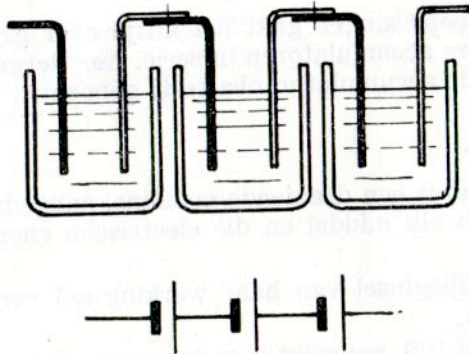


Fig. 2.

De uitslag van een dergelijke groepering kan aange-
toond worden door de verlichting te vergelijken van een
zelfde gloeilamp eerst aangesloten op een cel, en daarna
op twee cellen in serie.

De cellen kunnen niet oneindig elektrische kracht voort-
brengen. Na een zekere tijd verliezen zij hun eigenschap-
pen uit oorzaak van de scheikundige wijziging van hun
samenstellende delen.

Men zegt dat de cel **uitgeput** is.

2 De accumulatoren.

Er bestaan cellen die na uitputting vernieuwd kunnen
worden. Men noemt ze accumulatoren.

De eenvoudigste is samengesteld uit loden electroden
in verdund zwavelzuur gedompeld.

De accumulatoren kunnen, evenals de cellen, in serie
verbonden worden.

Men stelt ze voor op de schema's zoals de cellen.

Bij de N.M.B.S. worden de accumulatoren namelijk ge-
bruikt voor de verlichting der rijtuigen, voor het aanzetten
der Dieselmotoren van de Diesel-electrische motorwagens,
voor zekere goederentractoren van de stations, voor zekere

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 18.

werkplaatstractoren, voor de voeding van bepaalde kringen van de elektrische motorrijtuigen en elektrische locomotieven enz.

In deze toepassingen gaat het altijd over groeperingen van meerdere accumulatoren in serie. Een dergelijke groepering wordt **accumulatorenbatterij** genoemd.

3 De dynamo.

De dynamo is een draaiende machine, aangedreven door om het even elk middel en die elektrische energie voortbrengt.

Het grondbeginsel van haar werking zal verder uitgelegd worden.

Bij de N.M.B.S. gebruikt men haar voor het vernieuwen of herladen van de **accumulatorenbatterijen**. Het grootste deel der reizigersrijtuigen van de N.M.B.S. is uitgerust met een verlichtingsdynamo door een riem aangedreven en die de lampen en de **accumulatorenbatterij** van elk rijtuig voedt.

Een dynamo heeft insgelijks een positieve pool en een negatieve pool. Het zijn de **klemmen** van de dynamo.

De fig. 3 duidt aan hoe een dynamo op de schema's wordt voorgesteld.



Fig. 3.

4 De spanning.

Doordat een lamp aangesloten op de twee polen van een cel brandt, is het een bewijs dat die polen zich in een verschillende toestand bevinden.

Men zegt dat de polen op een verschillend potentiaal zijn, dat er tussen de polen een **potentiaal verschil**, een **spanning** of een **electromotorische kracht** bestaat.

Men heeft een eenheid van spanning bepaald : het is de **volt**.

Een cel geeft ongeveer 1,4 V en een loodaccumulator-element 2 V.

De verlichting der oude rijtuigen van de N.M.B.S. is, in het merendeel der gevallen, verzekerd op 24 V (er zijn dus 12 loodaccumulators in serie, in een rijtuigbatterij).

De verlichtingsnetten der lokalen, stations en werkplaatsen zijn over het algemeen gevoed op 110, 130 of 220 V.

Op de geëlectrificeerde lijnen van de N.M.B.S. is de bovenleiding of rijdraad gevoed op 3000 V.

5 Gevaren van de electriciteit.

Men moet vermijden in aanraking te komen met de polen van een electriciteitsbron, van zodra de spanning enige tientallen volt overschrijdt.

Het gevaar wordt vergroot door zekere omstandigheden : bezweet lichaam enz.

De aanraking met leidingen op lage en bijzonder op hoge spanning kan zeer erge brandwonden of de dood door electrocutie voor gevolg hebben.

De tractielijnen en de toestellen op 3000 V van de locomotieven en de motorrijtuigen zijn bijzonder gevaarlijk.

Bijzondere reglementen van de N.M.B.S. bepalen de toe te passen veiligheidsmaatregelen om zich te behoeden tegen de gevaren van de electriciteit.

Het personeel heeft als plicht, in zijn eigen belang en in dat van de werkmakers, zich er stipt naar te gedragen.

6 De voltmeter.

De spanning (t.t.z. het aantal volt) van een cel, van een accumulatorenbatterij, of van om het even welke bron van elektrische energie wordt gemeten door middel van een toestel, **voltmeter** genoemd.

De voltmeter is voorzien van een gegradeerde plaat vóór dewelke zich een naald verplaatst. De voltmeter heeft twee klemmen, die men door middel van draden verbindt aan de twee punten tussen dewelke men de spanning wil

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 20.

meten; de naald wijkt af en de spanning wordt afgelezen op de schaal van de plaat (fig. 4).

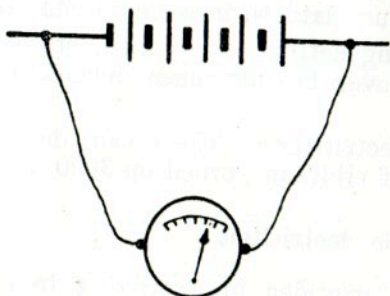


Fig. 4.

Niet om 't even welke voltmeter kan dienen om een gelijk welke spanning te meten.

De toestellen zijn gebouwd voor een maximum spanning die aangeduid is op het einde van de schaal. Men moet er b.v. zorg voor dragen, op een dynamo van 220 V geen voltmeter met grens van 100 V aan te sluiten, daar men gevaar loopt de gevoelige organen van het toestel te verbranden.

7 De stroom.

Wanneer men een lamp aan de twee polen van een verlichtingsnet verbindt, brandt zij.

Wanneer wij een radiator of een elektrisch verwarmingstoestel aan een stopcontact verbinden, worden de draden van het toestel roodgloeiend.

Men zegt dat er een elektrische **stroom** door de lamp, het verwarmingstoestel, de radiator stroomt.

Bij overeenkomst neemt men aan dat, in de delen buiten de elektrische energiebron, de stroom van de positieve pool naar de negatieve pool vloeit (fig. 5 — de pijlen duiden de richting aan van de stroom).

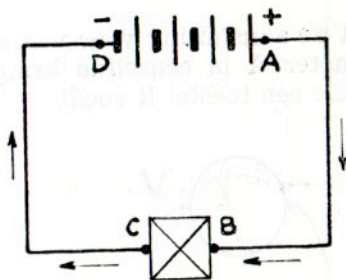


Fig. 5.

Men zegt dat de stroom min of meer intens is naar gelang zijn uitwerkingen.

De intensiteit of stroomsterkte van de stroom wordt uitgedrukt in **ampère**. De ampère is een eenheid van stroom.

Men gebruikt soms een kleinere eenheid, gelijk aan het duizendste deel van de ampère, en **milliampère** genoemd.

De ampèremeter.

- 8 De intensiteit van de elektrische stroom wordt gemeten door middel van een **ampèremeter**. Uiterlijk heeft hij dezelfde vorm als de voltmeter, maar de aansluiting van een ampèremeter is verschillend van die van een voltmeter.

Inderdaad, een voltmeter wordt bijvoorbeeld verbonden aan de twee klemmen of polen van de electriciteitsbron, terwijl de ampèremeter moet ingeschakeld worden in de kring in dewelke men de stroom wil meten, derwijze dat de stroom er door gaat (fig. 6).

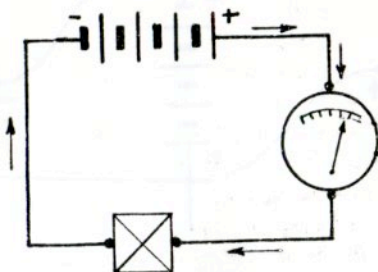


Fig. 6.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 22.

De fig. 7 stelt de aansluiting voor van een voltmeter V en een amperemeter A in eenzelfde kring, samengesteld uit een batterij die een toestel R voedt.

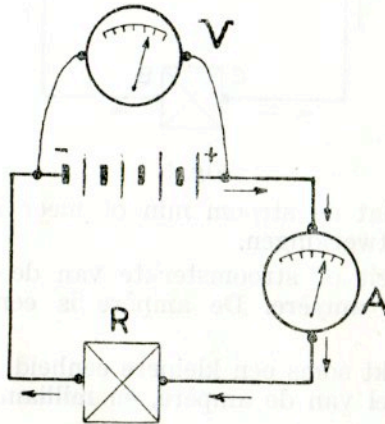


Fig. 7.

Wanneer men de spanning van een electriciteitsbron op twee verschillende plaatsen wil aflezen (bijvoorbeeld in de 2 stuurposten van een motorrijtuig), moet men twee voltmeters aansluiten zoals aangeduid in fig. 8.

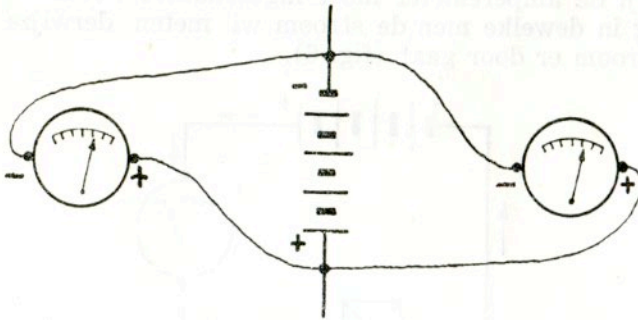


Fig. 8.

Wanneer men de stroom wil meten die door een kring vloeit op twee verschillende plaatsen, moeten de ampèremeters aangesloten worden zoals in fig. 9.

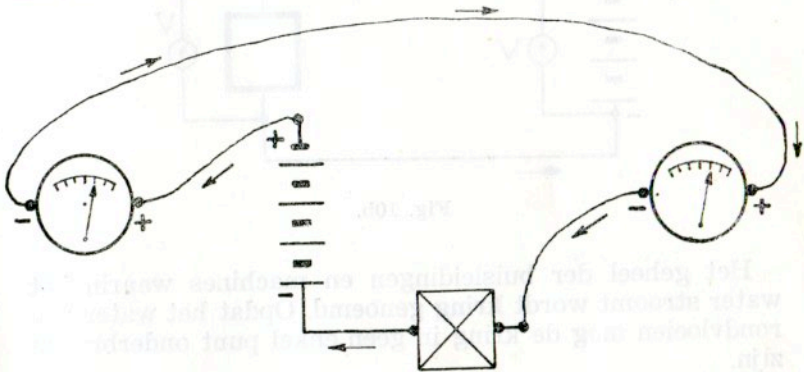


Fig. 9.

9 De geleiders en de kringen.

Een stelsel samengesteld uit een bron van elektrische energie, van geleiders voor de overbrenging van de energie, en een ontvangsttoestel (een verlichtingslamp, een radiator, een verwarmingstoestel enz.) vormt een **electrische overbrenging**.

Dit stelsel gelijkt op een hydraulische overbrenging samengesteld uit een pomp P verbonden aan een turbine T, door middel van buizen waarin het water stroomt (fig. 10a en 10b).

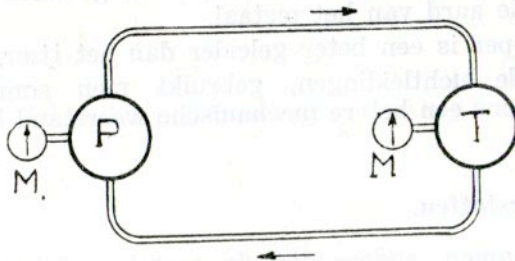


Fig. 10a.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 24.

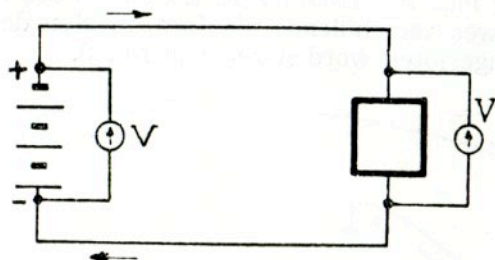


Fig. 10b.

Het geheel der buisleidingen en machines waarin het water stroomt wordt **kring** genoemd. Opdat het water zou rondvloeien mag de kring in geen enkel punt onderbroken zijn.

Bij de elektrische overbrenging is het hetzelfde. Opdat de elektrische stroom zou rondvloeien is het nodig dat de bron en het ontvangsttoestel met elkander verbonden zijn door leidingen die de stroom doorlaten, en dat die leidingen in geen enkel punt onderbroken zijn.

Met de **manometers M** die de druk van het water aanduiden, komen de **voltmeters V** overeen die de waarde van de spanning aanduiden.

In de elektrische overbrenging, wordt het geheel der leidingen en toestellen **electrische stroomkring of stroomketen** genoemd.

Metalen zijn goede geleiders van electriciteit.

De eigenschap om de electriciteit te geleiden verschilt volgens de aard van het metaal.

Het koper is een beter geleider dan het ijzer.

Voor de luchtleidingen, gebruikt men soms **brons**, omdat brons een betere **mechanische** weerstand heeft dan koper.

10 De isoleerstoffen.

De lichamen, andere dan de metalen, laten de elektrische stroom niet door; men noemt ze isoleerstoffen.

Men gebruikt ze om de geleiders te beschermen, om te voorkomen dat men het bloot metaal aanraakt (gevaar van electrocutie), of om de geleiders te **isoleren** van de wanden of de stukken waarop men ze wil bevestigen, of om ze onderling te isoleren.

De eigenschappen en de toepassingen van enige isoleerstoffen worden hierna opgesomd : **amiant** of **asbest** is een natuurlijk product dat voorkomt onder vezelvorm. Het heeft het voordeel vuurvast te zijn. Het wordt gebruikt om de geleiders van de tractiemotoren te isoleren. Het amiant wordt ook gebruikt, na malen en vermenging met bindmiddels voor de fabricatie van **eterniet**. Het eterniet is isolerend als het goed droog is.

Bakeliet is een kunstmatige vuurvaste lak. Men gebruikt het om gegoten stukken te fabriceren (buizen, staven, koffertjes, enz.), 't zij in zuivere toestand, 't zij na bijvoeging van vezels van katoen, van zijde, enz.

Het bakeliet wordt insgelijks gebruikt om stoffen te drenken om ze niet-hygroscopisch te maken, en onder vorm van isolerend vernis.

Hout in droge toestand is een goede isoleerstof. Men drenkt het dikwijls met bakeliet om het niet-hygroscopisch of, anders gezegd, niet-vocht opnemend te maken.

Caoutchouc of **gummi** is een natuurlijk product gevormd door het sap van zekere bomen. Het is een uitmuntende isoleerstof, gebruikt in natuurlijke staat of na bijvoeging van bijzondere producten. Het heeft het nadeel brandbaar te zijn, aantastbaar door olie, en te ontaarden door aanraking met de lucht. Men brengt **kunstmatige caoutchouc** voort die deze gebreken niet heeft.

Katoen is een uitstekende isoleerstof als het goed droog is. Men gebruikt het onder vorm van draad (om de geleiders te omwinden), 't zij onder vorm van weefsel. Om het tegen het vocht te beschermen, wordt het katoen gedrenkt in olie, in vernis of bedekt met een gummi-bekleding.

Scheikundig zuiver **water** is een isoleerstof. Zodra het de minste onzuiverheid bevat, hetgeen practisch altijd

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 26.

het geval is, wordt het geleidend. Dit legt zijn nadelige werking uit op de hygroscopische isoleerstoffen (amiant, katoen, hout).

Eboniet is een derivaat van caoutchouc (mengsel van caoutchouc en zwavel, warm samengeperst). Het doet zich voor onder vorm van een harde zwarte stof, en wordt gebruikt onder vorm van platen, buizen, enz. In warme toestand is het vormbaar. Sedert de uitvinding van het bakeliet en andere soortgelijke isoleerstoffen, wordt het eboniet nog zelden gebruikt in de electriciteitsindustrie.

Fiber is een mengsel van hout en bindmiddelen. Het verliest zijn isolerende eigenschappen door de vochtigheid.

Marmer is een natuurlijke steen gebruikt voor borden waarop men de laagspanningstoestellen bevestigt (minder dan 500 V).

Mica is een natuurlijk product en doet zich voor onder vorm van blinkende platen die gemakkelijk kunnen gekloven worden in dunne bladen. Het is een uitstekende isoleerstof. Het wordt in zuivere toestand gebruikt, en men mengt het dikwijls, na malen, met vernis. Men kan het also in bladen, buizen, enz. vormen.

Olie is een isolerende vloeistof wanneer ze zuiver is. Men gebruikt ze in zekere hoogspanningstoestellen.

Papier is een goede isoleerstof. Om zijn hygroscopiciteit te niet te doen wordt het gedrenkt in olie. Het heeft het nadeel dat het zeer brandbaar is.

Porcelein wordt gebruikt voor de fabricatie van isolerende steunstukken, **isolatoren** genoemd, en in elektrische toestellen.

Glas wordt insgelijks gebruikt voor het vervaardigen van isolatoren. Het is breekbaarder dan porcelein. Het wordt insgelijks gebruikt onder vorm van glaszijde om geleiders te isoleren.

Zekere speciale **vernissen** zijn uitstekende isoleerstoffen die men gebruikt om het hout, het katoen, enz. te drenken om het waterdicht te maken.

11 Draden en kabels. — Aansluiting.

De geleiders bestaan uit draden (gewoonlijk rond), uit kabels (gevormd door ineendraaiing van draden) of uit staven.

Op het rollend materieel, zijn de draden en kabels gewoonlijk geïsoleerd.

Om de geleiders gemakkelijk te kunnen verbinden aan de plaatsen van de toestellen waaraan ze moeten verbonden worden, zijn deze laatsten voorzien van schroefgesneden stangen met moeren, **klemmen** genoemd.

De uiteinden van de geleiders worden verbonden aan de klemmen, na eventueel de isolerende omspinning verwijderd te hebben, 't zij rechtstreeks, 't zij na ze voorzien te hebben van een **kabelschoen**.

De fig. 11, 12 en 13 stellen enige types van geleiders voor, klaar voor de aansluiting en enige types van klemmen.

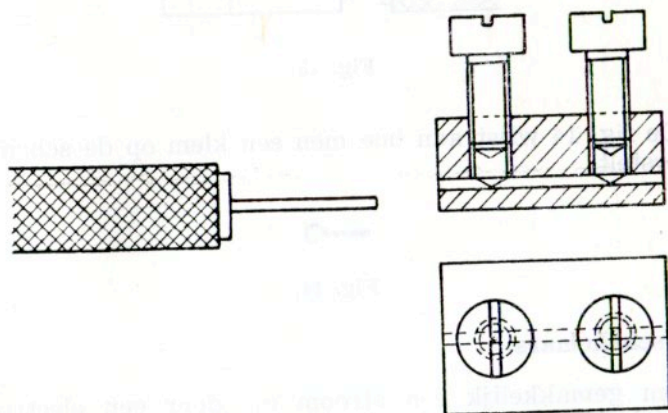


Fig. 11.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 28.

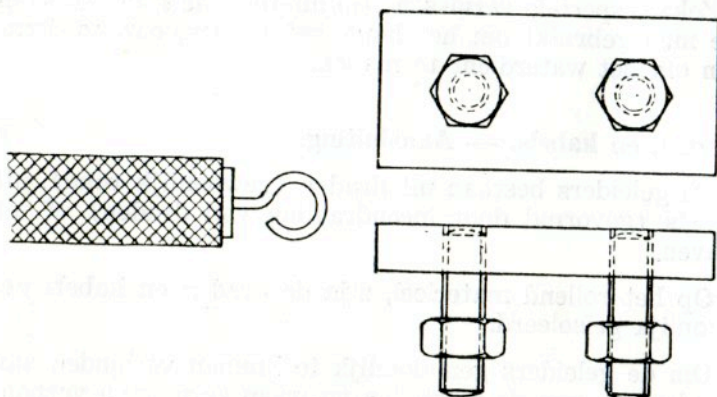


Fig. 12.

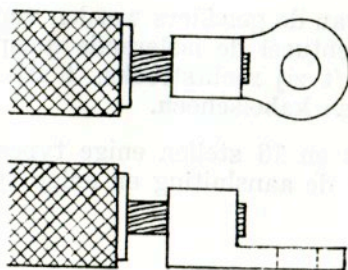


Fig. 13.

De fig. 14 wijst aan hoe men een klem op de schema's voorstelt.



Fig. 14.

12 De schakelaars.

Om gemakkelijk een stroom die door een electrisch toestel vloeit te kunnen onderbreken en weer in te stellen

gebruikt men **schakelaars**. Zij komen overeen met de kranen en afsluiters in de water-, stoom-, gasleidingen enz.

Het is nuttig te doen opmerken dat wanneer een afsluiter of kraan de vloeistof niet doorlaat in de geleiding, men zegt dat ze **gesloten** zijn.

In de electriciteit integendeel, wanneer een schakelaar de stroom niet doorlaat zegt men dat hij **open** is.

Er zijn verschillende types van schakelaars.

In de draaischakelaar kan een koperen stuk 't zij een isolerende stand innemen (fig. 15a), 't zij een stand waarin het de 2 klemmen van de schakelaar met elkaar verbindt (fig. 15b).

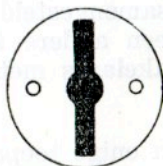


Fig. 15a.

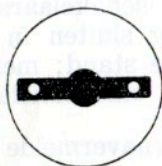


Fig. 15b.

Andere types van schakelaars zijn samengesteld uit hefboomen (fig. 16).

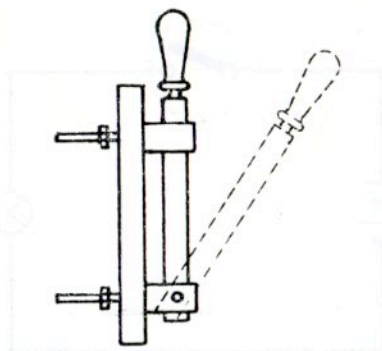


Fig. 16.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 30.

Op de schema's worden ze voorgesteld zoals aange-
duid in fig. 17.



Fig. 17.

Wanneer een schakelaar één enkele kring onderbreekt
noemt men hem **éénpolig**.

Men gebruikt soms **tweepolige** (2 kringen), of veel-
polige toestellen (meerdere stroomkringen).

Zekere schakelaars zijn derwijze samengesteld dat zij
een kring sluiten in een stand en een andere kring in
de andere stand; men noemt ze schakelaars met 2 rich-
tingen of omschakelaars.

De hiernavermelde schema's stellen enige toepassingen
voor die van algemeen gebruik zijn in de inrichtingen,
bij het aansteken van verlichtingslampen :

Fig. 18 : Ontsteking van een lamp door middel van een
eenpolige schakelaar.

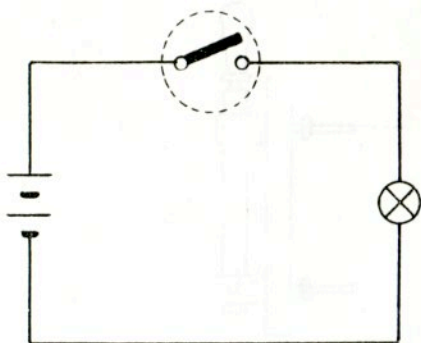


Fig. 18.

Fig. 19 : Gelijktijdige ontsteking van 2 lampen door middel van een eenpolige schakelaar.

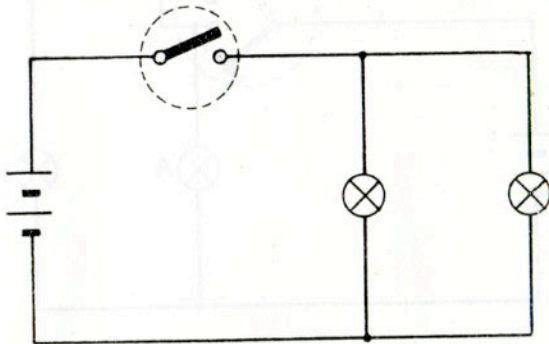


Fig. 19.

Fig. 20 : Onafhankelijke ontsteking van 2 lampen.

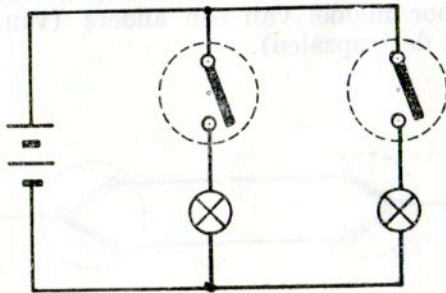


Fig. 20.

Fig. 21 : Ontsteking van een of 2 lampen afzonderlijk of te samen, door middel van een enkele schakelaar (genoemd met dubbele ontsteking). In stand 1 brandt de lamp A alleen; in stand 2 brandt de lamp B; in stand 3 branden de 2 lampen te samen (van toepassing in luchters).

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 32.

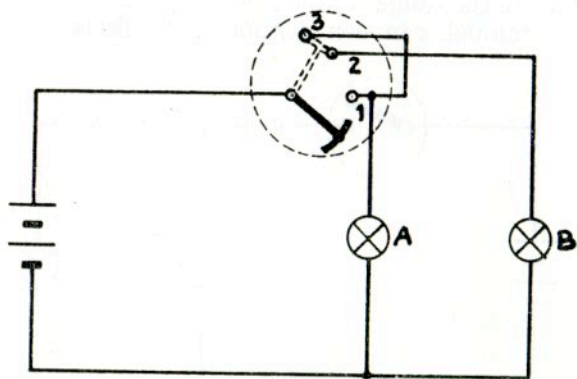


Fig. 21.

Fig. 22 : Ontsteking van een lamp door middel van een schakelaar (met 2 richtingen) en uitdoving door middel van een andere (van toepassing in de trapzalen).

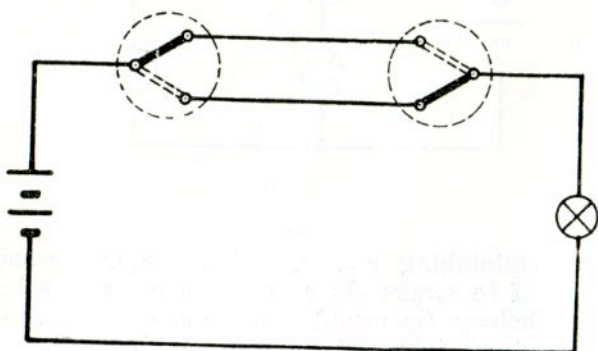


Fig. 22.

Fig. 23 : Aansluiting van eender welk toestel R door middel van een tweepolige schakelaar aan een batterij.

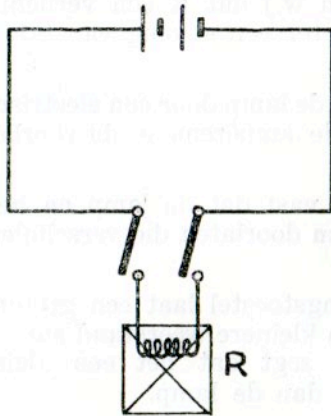


Fig. 23.

13 De weerstand.

Beschouwen wij (fig. 24) een kring die een electromotorische kracht E (die kan gemeten worden door middel van een voltmeter), een verbruikstoestel R (gloeilamp, verwarmingstoestel enz.) en een ampèremeter A omvat.

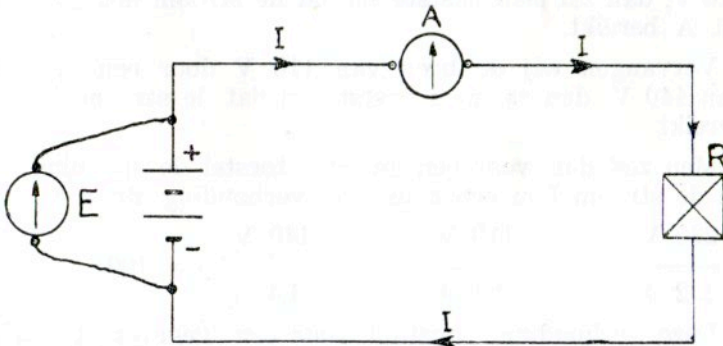


Fig. 24.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 34.

Door deze kring loopt een stroom die wij I noemen.

Nemen wij aan dat $E = 220$ V.

Veronderstellen wij dat R een verlichtingslamp is, en dat de ampèremeter een stroom van bijvoorbeeld 0,45 A aanwijst.

Vervangen wij de lamp door een electrisch verwarmings-toestel dan zal de ampèremeter bijvoorbeeld 2,2 A aanduiden.

Men stelt dus vast dat de lamp en het verwarmings-toestel een stroom doorlaten die verschillend is voor ieder van hen.

Het verwarmingstoestel laat een grotere stroom door; het biedt dus een kleinere **weerstand** aan de doorgang van de stroom. Men zegt dat het een kleinere electrische weerstand heeft dan de lamp.

14 De wet van Ohm.

Beschouwen we dezelfde kring waarin we een verbruiks-toestel R behouden dat voor een spanning van 220 V een stroom van 2,2 A doorlaat.

Vervangen wij de bron van 220 V door een andere van 110 V, dan zal men vaststellen dat de stroom nog slechts 1,1 A bereikt.

Vervangen wij de bron van 110 V door een andere van 440 V, dan zal men vaststellen dat de stroom 4,4 A bereikt.

Men ziet dat, voor een gegeven toestel de spanning E en de stroom I in een constante verhouding staan :

$$\frac{220 \text{ V}}{2,2 \text{ A}} = \frac{110 \text{ V}}{1,1 \text{ A}} = \frac{440 \text{ V}}{4,4 \text{ A}} (= 100).$$

Deze verhouding, constant voor een gegeven toestel, bepaalt, wat men noemt, de electrische **weerstand** R van het toestel.

Men heeft dus :
spanning (E)

$$\frac{\text{spanning (E)}}{\text{stroom (I)}} = \text{weerstand (R)}$$

$$\text{of } \frac{E}{I} = R.$$

Dat is de **wet van Ohm**.

Men mag ze ook schrijven :

$$I = \frac{E}{R}$$

$$\text{en } E = I \times R.$$

De eenheid van weerstand wordt **ohm** (Ω) genoemd. Het is een weerstand die, als men aan zijn klemmen een spanning van een volt aanbrengt, een stroom doorlaat van een ampère. Men gebruikt soms veelvoud en onderverdelingen **megohm** (1 miljoen ohms) en **microhm** (1 miljoenste van 1 ohm).

De fig. 25 geeft de verschillende wijzen van voorstelling van een weerstand op de schema's.

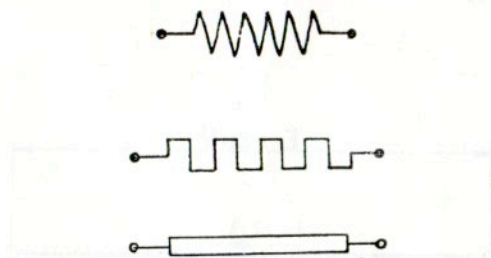


Fig. 25.

15 Toepassing van de wet van Ohm.

a) Door het aanwenden van een spanning E van 130 V aan de klemmen van een elektrisch strijkijzer gaat er een stroom I door van 3,9 A.

Welke is de weerstand R van dit strijkijzer ?

$$\text{Antwoord : } R = \frac{E}{I} = \frac{130 \text{ V}}{3,9 \text{ A}} = 33 \Omega.$$

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 36.

b) Aan de uiteinden van een toestel met een weerstand R van 4Ω , wordt men een spanning E van 100 V aan.

Welke is de stroom I die door het toestel stroomt ?

$$\text{Antwoord : } I = \frac{E}{R} = \frac{100 \text{ V}}{4 \Omega} = 25 \text{ A.}$$

c) Welke spanning E moet men op een toestel van 127Ω aanwenden om er een stroom I van 2 A te doen doorvloeien ?

$$\text{Antwoord : } E = R \times I = 127 \times 2 = 254 \text{ V.}$$

16 Spanningsverval in een geleider.

In de geleider AB (fig. 26) aan wiens uiteinden men een spanning van 36 V heeft aangewend, vloeit een stroom :

$$I = \frac{36 \text{ V}}{3 \Omega} = 12 \text{ A.}$$

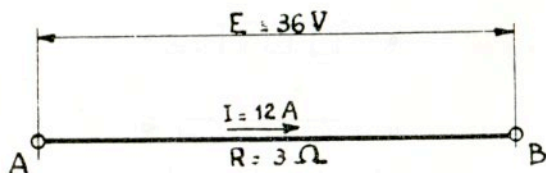


Fig. 26.

Wanneer 12 A in een geleider vloeien worden 36 V opgenomen.

Men zegt dat deze geleider een **spanningsverval** van 36 V veroorzaakt.

Voorbeeld.

Beschouwen we (fig. 27) een stroombron S die een verbruikstoestel R voedt door 2 geleiders AB en CD die samen een weerstand hebben van $0,5 \Omega$.

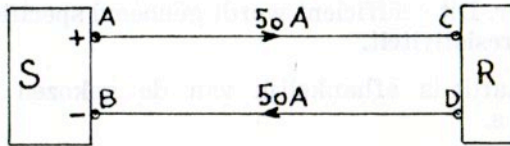


Fig. 27.

De spanning aan de klemmen A en C van S is 220 V; het verbruikstoestel slurpt 50 A op. Welke is de spanning aan de klemmen B en D van het verbruikstoestel?

Het spanningsverval is (wet van Ohm) :

$$E = IR = 50 \times 0,5 = 25 \text{ V.}$$

De spanning aan de klemmen van het verbruikstoestel is dus :

$$220 \text{ V} - 25 \text{ V} = 195 \text{ V.}$$

17 Specifieke weerstand (resistiviteit).

Beschouwen we nog fig. 24 en veronderstellen we dat het verbruikstoestel bestaat uit een ijzeren draad van 1 m lang en 1 mm^2 sectie.

Veronderstellen we dat E een electromotorische kracht (e.m.k.) is van 2 V. Dan zullen we vaststellen door middel van de ampèremeter, dat de stroom 20 A bereikt.

Vervangen we de draad door een andere, van de zelfde aard en zelfde sectie, maar van 2 m lengte; de stroom is nog enkel 10 A.

Vervangen we eindelijk de draad door een ijzeren draad van 1 m lang en 2 mm^2 sectie; de stroom bereikt nu 40 A.

Door deze proef te herhalen met draden van verschillende lengte en verschillende secties, vinden we dat de weerstand R van een geleider evenredig is met zijn lengte l en omgekeerd evenredig met zijn sectie s.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 38.

Men schrijft dus de formule :

$$R = r \frac{l}{s}$$

waarin r een coëfficiënt is dat afhangt van de aard van de geleider. Dit coëfficiënt wordt genoemd **specifieke weerstand** of **resistiviteit**.

Zijn waarde is afhankelijk van de gekozen eenheden voor l en s .

Voor het koper :

$$r = 0,017 \Omega/\text{m}/\text{mm}^2.$$

Voor het ijzer :

$$r = 0,10 \Omega/\text{m}/\text{mm}^2.$$

18 Serieschakeling van weerstanden.

Twee weerstanden R_1 en R_2 staan in **serie** als zij verbonden zijn zoals aangegeven in fig. 28.



Fig. 28.

Men kan bewijzen dat de weerstand van het geheel gelijk is aan de **som** der gedeeltelijke weerstanden.

Deze wet is algemeen voor om het even welk aantal weerstanden in serie geschakeld.

Men maakt gebruik van deze eigenschap voor het samenstellen van veranderlijke weerstanden, **rheostaten** genoemd.

Een rheostaat (fig. 29) is samengesteld uit meerdere weerstanden in serie geschakeld en verbonden met **contactblokken** 1, 2, 3, 4, 5. Een beweegbaar contact verbonden

den aan de klem A van de rheostaat kan op deze contact-blokjes drukken.

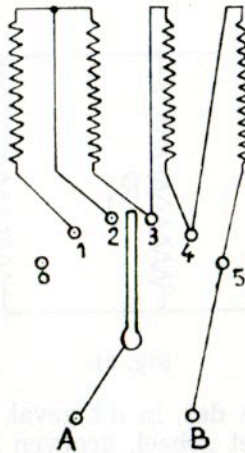


Fig. 29.

Wanneer het beweegbaar contact zich op blokje 0 bevindt is de kring onderbroken. Op blokje 1 zijn al de weerstanden ingeschakeld. Door het beweegbaar contact op 2 te plaatsen wordt een weerstand uitgeschakeld enz.

Op blokje 5, is de weerstand gans buiten dienst.

Op de schema's wordt een rheostaat dikwijls voorgesteld zoals aangeduid in fig. 30.

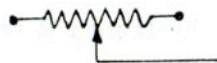


Fig. 30.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 40.

19 Parallelschakeling der weerstanden.

Men zegt dat twee weerstanden R_1 en R_2 in **parallel** geschakeld zijn wanneer zij verbonden zijn zoals aangegeven in fig. 31.

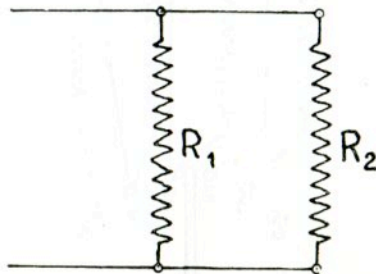


Fig. 31.

Men kan bewijzen dat, in dit geval, de waarde van de weerstand R van het geheel, gegeven wordt door de volgende verhouding :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Deze wet is algemeen voor om het even welk aantal weerstanden. In het bijzonder geval van twee weerstanden mag men schrijven :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \times R_2}$$

of

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Wanneer $R_1 = R_2$, heeft men $R = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2}$.

Voorbeeld.

Een weerstand van $0,2 \Omega$ en een weerstand van $0,3 \Omega$ zijn in parallel geschakeld.

De weerstand van het geheel zal zijn :

$$R = \frac{0,2 \times 0,3}{0,2 + 0,3} = \frac{0,06}{0,5} = 0,12 \Omega.$$

Men zal opmerken dat de weerstand van het geheel kleiner is dan elke van de in parallel geschakelde weerstanden.

20 Joule-effect.

Wanneer een stroom I door een weerstand R gaat, wordt deze laatste warm.

Het is alsof de elektrische stroom moeilijkheden ondervond om door de weerstand te gaan. Om hem te doen doorgaan, moet er een zekere arbeid verricht worden en deze arbeid wordt in warmte omgezet.

Deze arbeid is evenredig met de weerstand en met het kwadraat van de stroom.

De verwarming van de weerstand heet **Joule-effect**.

Dit verschijnsel wordt benut in de elektrische radiatoren en verwarmingstoestellen.

Men past het insgelijks toe in de gloeilampen, die een gloeidraad bevatten welke men op de zodanige temperatuur brengt, dat hij lichtgevend wordt.

In de andere gevallen, is het Joule-effect te wijten aan de doorgang van de stroom door de geleiders, **schadelijk** vermits het een energieverlies veroorzaakt.

Teneinde de verwarming van de geleiders door dewelke stroom vloeit, dus $I^2 R$, te beperken, moet men R beperken.

$$\text{Daar } R = r \frac{l}{s}$$

moet men geleiders kiezen met een kleine resistiviteit r (dus koper) en een voldoende grote sectie s .

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 42.

21 De kortsluiting.

Beschouwen we een bron S van 110 V , verbonden met een verbruikstoestel, die een weerstand heeft van $10\ \Omega$, door geleiders die een totale weerstand hebben van $1\ \Omega$ (fig. 32).

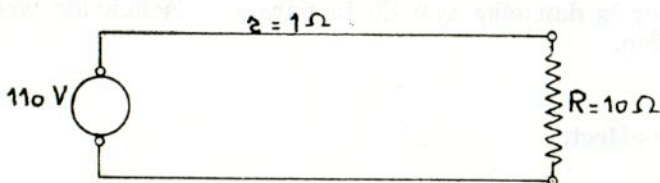


Fig. 32.

De totale weerstand is $10 + 1 = 11\ \Omega$.

De stroom die door de geleiders en het verbruikstoestel vloeit, bereikt

$$I = \frac{E}{R} = \frac{110}{11} = 10\text{ A.}$$

Veronderstellen we dat de twee klemmen van het verbruikstoestel verbonden zijn door een geleider zonder weerstand. Men zegt dat het verbruikstoestel in **kortsluiting** is gesteld.

In deze voorwaarden, wordt de stroom in de geleiders :

$$I = \frac{110}{1} = 110\text{ A.}$$

Deze stroom is schadelijk voor de geleiders die niet voorzien werden om deze abnormale stroom door te laten.

Hetzelfde zou gebeuren indien de geleiders in een willekeurig punt tussen de bron en het verbruikstoestel met elkaar in aanraking kwamen.

Om de geleiders te beschermen tegen een gevaarlijke verwarming schakelt men smeltveiligheden in.

22 De smeltveiligheden.

Een smeltveiligheid bestaat uit een stuk draad met een sectie, gekalibreerd voor een bepaalde stroomsterkte.

Wanneer de stroom die door de smeltveiligheid gaat deze waarde overschrijdt, smelt de veiligheid na een min of meer lange tijd en onderbreekt dus de stroomkring.

Op de schema's worden de smeltveiligheden getekend zoals de fig. 33 het aangeeft.



Fig. 33.

In de installaties worden verschillende types van smeltveiligheden gebruikt. Zij worden hieronder in het kort beschreven.

De **smeltveiligheid op mica** wordt gebruikt op zekere verlichtingsborden van rijtuigen van de N.M.B.S.

Zij bestaat uit een strook mica waarop twee schoenen (fig. 34) verbonden door een zilveren smeltdraad, bevestigd zijn.



Fig. 34.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 44.

Men bevestigt ze op de klemmen samengesteld uit draadgesneden stangen met moeren.

De stopsmeltveiligheid bestaat uit een hol porceleinen cilindertje aan beide uiteinden voorzien van metalen plaatjes. De smeltdraad verbindt de 2 plaatjes (fig. 35).

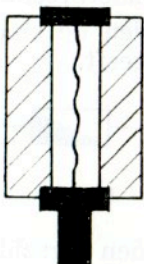


Fig. 35.

Men plaatst haar in een vast porceleinen steunstuk, waarvan de basis voorzien is van een metalen stuk dat een der klemmen vormt, terwijl er over de smeltveiligheid een met schroefdraad voorziene stop geschroefd wordt die met de andere klem verbonden is.

Het geheel wordt veiligheid genoemd (fig. 36).

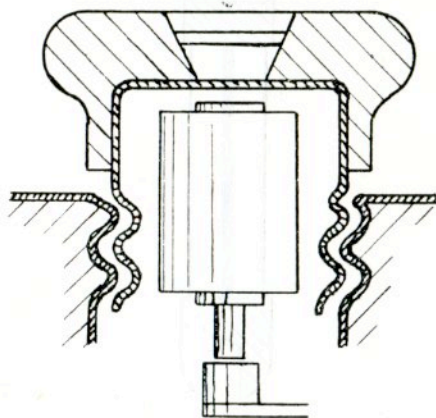


Fig. 36.

In de **patroonveiligheid** is de smeltveiligheid geplaatst in een holle cilinder van isolerende stof zoals porcelein, fiber of bakeliet (fig. 37).

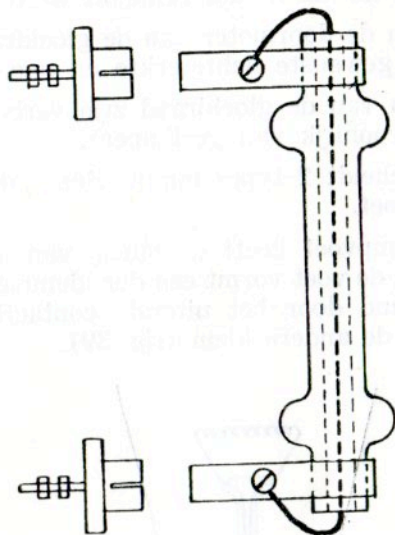


Fig. 37.

De **smeltveiligheden type Gardy** bestaan uit een draad verbonden aan 2 pinnen bevestigd in een porceleinen stuk (fig. 38).

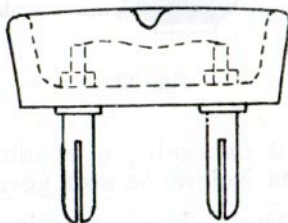


Fig. 38.

Voor de laagspanning zijn de gewone kalibers die in de handel voorkomen voor 2, 4, 6, 10, 25 en 50 A.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 46.

23 De gloeilampen.

Een gloeilamp bestaat uit een gloeidraad omsloten door een glazen bol die luchtledig gemaakt werd.

De lengte en de doormeter van de gloeidraad is afhankelijk van de gewenste lichtsterkte en van de spanning.

De uiteinden van de gloeidraad zijn verbonden aan de lampvoet (gewoonlijk van geelkoper).

Men onderscheidt 2 types lampvoeten : de **Edison-** en de **Swanlampvoet**.

De **Edisonlampvoet** heeft de vorm van een schroef; het metaal van de voet vormt een der klemmen. De andere klem is gevormd door het uiterste contactblokje, en is geïsoleerd van de andere klem (fig. 39).

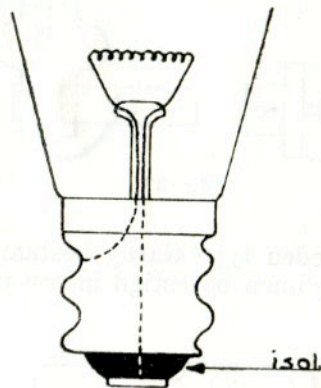


Fig. 39.

De **Swanlampvoet** daarentegen is cilindrisch en de bodem wordt door een isolerende stof gevormd.

De 2 klemmen van de gloeidraad zijn op de bodem van de lampvoet aangesloten (fig. 40).

De lampen worden vastgezet in **lamphouders** van verschillende vorm naar gelang het gaat over lampen met Edison- of Swanlampvoet.

De afmetingen van de lampvoeten en de lamphouders zijn gestandaardiseerd.

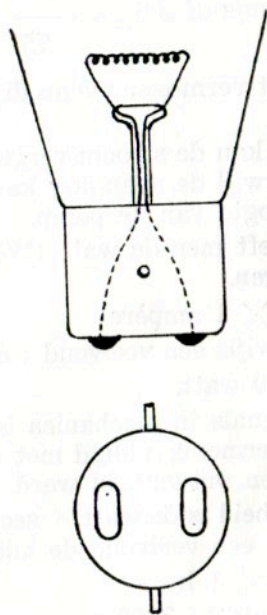


Fig. 40.

24 De arbeid en het vermogen in electriciteit.

Herinneren we dat om een gewicht van F kg op te lichten tot op een hoogte van h meters er een **arbeid** moet verricht worden van $F \times h$, uitgedrukt in kilogrammeter (kgm).

Het **vermogen** is door definitie gelijk aan de arbeid verricht per seconde (eenheden : kgm/s en **pk** = 75 kgm/s).

Beschouwen we een pomp, die water tot op 11 m hoogte stuwt, tegen 3,6 m³ per minuut (of 3.600 l/min).

Het debiet van 3,6 m³/min stemt overeen met een gewicht water van 3600 kg/min of 60 kg per seconde.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 48.

De pomp zal dus een nuttig vermogen ontwikkelen van

$$60 \times 11 = 660 \text{ kgm/s of } 8,8 \text{ pk } \left(\frac{660}{75} = 8,8 \right).$$

Men merkt dat dit vermogen evenredig is met de hoogte en het debiet.

In de electriciteit kan de stroom vergeleken worden met het waterdebiet, terwijl de spanning kan vergeleken worden met de stuwhoogte van de pomp.

In electriciteit heeft men de watt (W) aangenomen als eenheid van **vermogen**.

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampère.}$$

Men gebruikt dikwijls een veelvoud : de kilowatt (kW).

$$1 \text{ kilowatt} = 1000 \text{ watt.}$$

In electriciteit evenals in mechanica is de **arbeid** gelijk aan het vermogen vermenigvuldigd met de tijd gedurende dewelke dit vermogen ontwikkeld werd.

De eenheid van arbeid is de watt \times seconde. Men maakt dikwijls gebruik van een veelvoud de kilowattuur (kWh).

$$\begin{aligned} 1 \text{ kWh} &= 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} \\ &= 1000 \text{ watt} \times 3600 \text{ s} \\ &= 3\,600\,000 \text{ Ws.} \end{aligned}$$

Deze arbeid wordt dikwijls **verbruik** van electriciteit genoemd.

Tussen de eenheden van vermogen gebruikt in mechanica en in electriciteit bestaat de volgende betrekking :

$$1 \text{ pk} = 736 \text{ watt.}$$

Hieruit kan men afleiden dat :

$$1 \text{ W} = \frac{1}{736} \text{ pk}$$

$$1000 \text{ W} = 1 \text{ kW} = \frac{1000}{736} \text{ pk}$$

$$\text{of } 1 \text{ kW} = 1,36 \text{ pk.}$$

De gelijkheid $1 \text{ pk} = 736 \text{ watt}$ kan ook geschreven worden : $75 \text{ kgm/s} = 736 \text{ W}$
of $75 \text{ kgm} = 736 \text{ Ws}$.

$$1 \text{ kgm} = 9,8 \text{ Ws}.$$

25 Voorbeelden van berekening van vermogen en verbruik.

a) Een electrisch strijkijzer slurpt $2,27 \text{ A}$ op, onder 220 V . Welk is zijn vermogen ?

$$2,27 \text{ A} \times 220 \text{ V} = 500 \text{ W}.$$

b) Een electrisch komfoor van 1000 W wordt gevoed op 110 V . Welk is de verbruikte stroom ?

$$\frac{1000 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 9,1 \text{ A}.$$

c) Een gloeilamp van 60 W brandt gedurende $3,5$ uren. De Maatschappij die de stroom levert rekent de kWh aan tegen $2,50 \text{ F}$. Welk is de uitgave ?

$$\text{Het verbruik is } 60 \times 3,5 = 210 \text{ Wh} = 0,21 \text{ kWh}.$$

$$\text{De uitgave is } 2,50 \times 0,21 = 0,52 \text{ F}.$$

d) Een motorrijtuig heeft 4 motoren van 750 V die ieder op een gegeven oogenblik 200 A opslorpen. Welk is het totaal opgeslorpte vermogen ?

$$4 \times 750 \text{ V} \times 200 \text{ A} = 600\,000 \text{ W} \\ = 600 \text{ kW of } 816 \text{ pk}.$$

26 De tellers ampère-uurmeters.

Het verbruik van electriciteit wordt gemeten door middel van apparaten over het algemeen **tellers of meters** genoemd.

Er bestaan er van verschillende types.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 50.

Men bedient zich van tellers, **ampère-uurmeters** genoemd, wanneer het er omgaat de energie te meten welke gebruikt wordt onder constante spanning.

Herinneren we dat :

$$\text{wattuur} = \text{volt} \times \text{ampère} \times \text{uur.}$$

Indien de spanning constant is, kan men zonder rekening te houden met de spanning een verbruik meten in ampère-uren.

De aanduiding van de teller moet dan met de spanning vermenigvuldigd worden om de verbruikte energie te bepalen.

27 De tellers wattuurmeters.

In deze toestellen, wordt er met de spanning rekening gehouden, hetgeen nodig is wanneer die spanning veranderlijk is.

Een wattuurmeter bevat namelijk een schijf die een draaiende beweging aanneemt wanneer de kring waarop de teller aangesloten is stroom opslorpt of verbruikt.

Deze schijf brengt een horlogewerk in beweging dat de wijzers doet draaien vóór gegradueerde wijzerplaten of kijkplaatjes met cijfers gemerkt.

De gegradueerde wijzerplaten doen zich voor onder een der vormen aangegeven in de fig. 41 en 42.

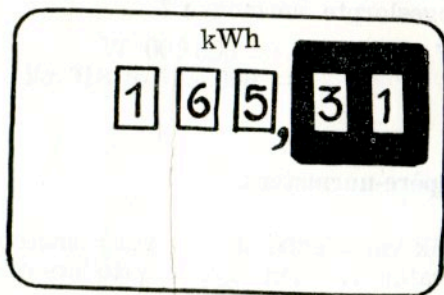


Fig. 41.

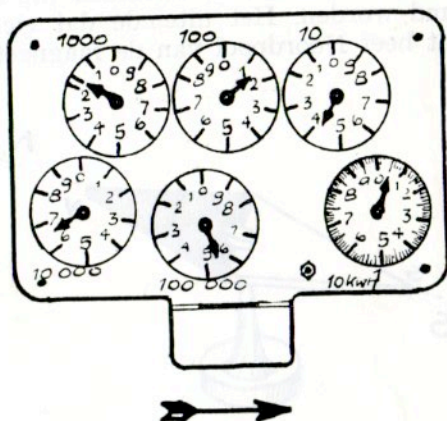


Fig. 42.

28 De magneet.

Zekere ijzerertsen bezitten de natuurlijke eigenschap ijzer, staal en nikkel aan te trekken. Het zijn **natuurlijke magneten**.

Men kan deze eigenschap ook doen overgaan op gewoon ijzer en op staal.

Men bekomt alsdan een **kunstmatige magneet**.

Men geeft gewoonlijk aan de magneten de vorm van een staaf (cilinder of prisma), van een hoefijzer of van een naald.

29 De magneetnaald.

Een gemagnetiseerde naald, op een vertikale spil geplaatst derwijze dat zij vrij rond een vertikale as kan draaien, bezit de eigenschap zich altijd in dezelfde richting Noord-Zuid te oriënteren.

Een van hare uiteinden duidt de richting van de Noordpool aan, terwijl het tegenovergestelde uiteinde de richting van de Zuidpool aangeeft.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 52.

Het is om deze reden dat de uiteinden van de naald de **polen** genoemd worden. Het uiteinde dat zich naar het Noorden richt heet Noordpool van de magneetnaald (fig. 43).

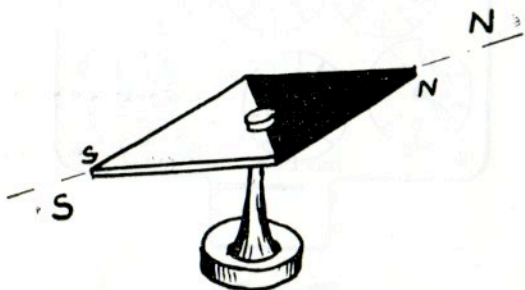


Fig. 43.

Wanneer men de naald van deze algemene richting Noord-Zuid doet afwijken, herneemt zij automatisch hare richting.

Een gemagnetiseerde naald wordt **kompas** genoemd.

De lijn die de twee polen verbindt wordt **magnetische as** genoemd.

Om het even welke gemagnetiseere staaf bezit dezelfde hoedanigheden en bezit dus ook twee polen.

30 Verschijnsel van aantrekking en afstoting.

Wanneer men over een magneet en een kompas beschikt is het gemakkelijk vast te stellen dat :

- a) twee polen van tegenovergestelde naam zich aantrekken;
- b) twee polen van dezelfde naam zich afstoten.

In iedere goede magneet, is de eigenschap om ijzer aan te trekken gelokaliseerd in de uiteinden.

Maart 1956.

Wanneer men een magneet in ijzervijzel dompelt, blijft dit enkel aan de uiteinden kleven (fig. 44).

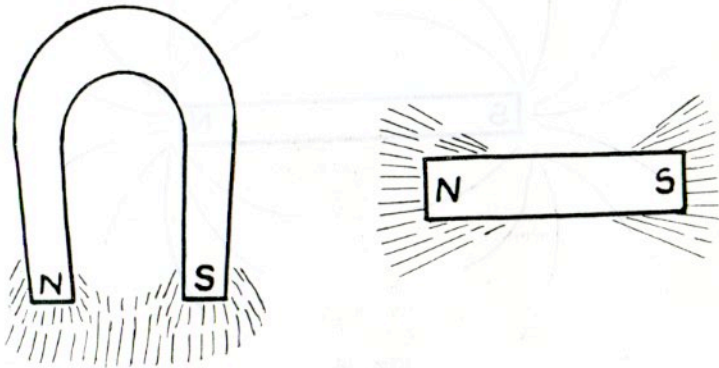


Fig. 44.

Wanneer men nochtans een gemagnetiseerde staaf in het midden doorzaagt bekomt men twee magneten (fig. 45).

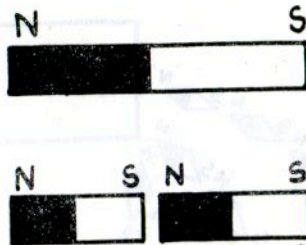


Fig. 45.

31 Het magnetisch spectrum.

Wanneer men een gemagnetiseerde staaf onder een blad papier plaatst en men op dit blad ijzervijzel strooit, stelt men vast dat het zich niet op willekeurige wijze plaatst, maar dat het zich integendeel oriënteert en een regelmatige tekening vormt (fig. 46).

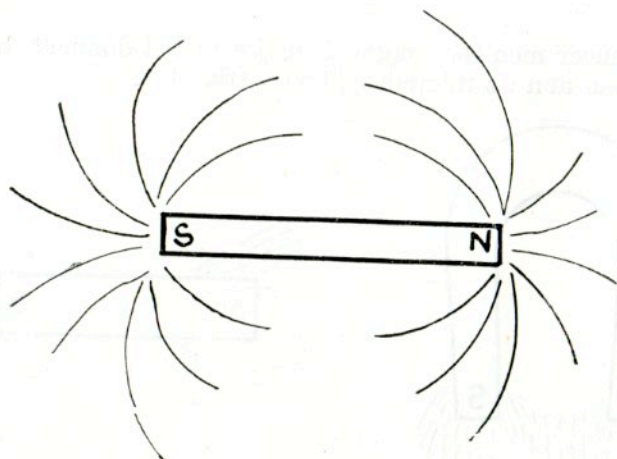


Fig. 46.

Dit is hetgeen men noemt een **magnetisch spectrum**.

Ieder van de ijzerdeeltjes is een kleine magneet geworden (fig. 47) en al deze elementaire magneten hebben zich georiënteerd onder de invloed van de magnetische kracht van hun geburen.

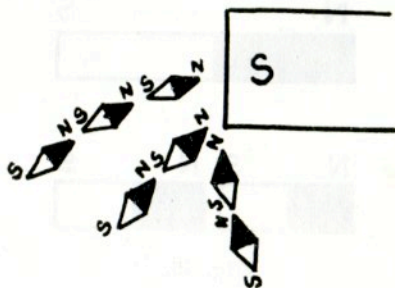


Fig. 47.

32 De magnetische inductie of -invloed.

De ruimte die de magneet omgeeft en in dewelke hij zijn werking uitvoert is het **magnetisch veld**.

Een magnetisch lichaam in dit veld geplaatst wordt op zijn beurt gemagnetiseerd, door **invloed**.

Dit verschijnsel wordt **magnetische inductie** genoemd.

33 De electromagneten.

Een geleider in schroef opgeroid, en waardoor men electrische stroom doet gaan (fig. 48) gedraagt zich als een magneet.

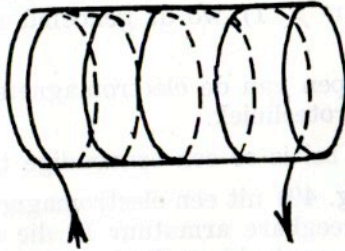


Fig. 48.

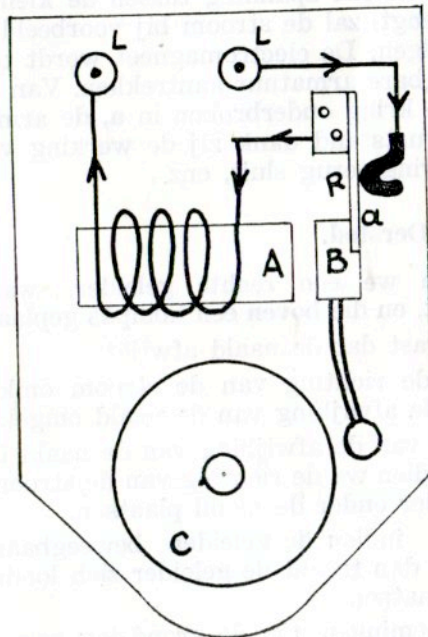


Fig. 49.

Het is een solenoïde.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 56.

Brengt men nu in deze solenoïde een ijzeren of stalen staaf, dan wordt deze sterk gemagnetiseerd; men bekomt alzo een **electromagneet**.

De aantrekkingskracht van deze electromagneet is evenredig met het aantal toeren n van de schroef en de stroom I ; dit product ($n \times I$) wordt genoemd aantal **ampère-toeren**.

De eigenschappen van de electromagneten worden veel gebruikt in electrotechniek.

De electriche bel is er een eenvoudige toepassing van.

Zij bestaat (fig. 49) uit een electromagneet A, waarvan de kern een beweegbare armatuur B, die op een veer R bevestigd is, kan aantrekken. Deze armatuur draagt een stift met bol die tegen de bel C kan slaan.

Wanneer men een spanning tussen de klemmen L van de bel aanbrengt, zal de stroom bij voorbeeld de richting der pijlen volgen. De electromagneet wordt opgewekt en zal de beweegbare armatuur aantrekken. Van af dit ogenblik wordt de kring onderbroken in a, de armatuur komt terug in de ruststand dank zij de werking van de veer, hetgeen de kring terug sluit, enz.

34 Proeven van Oersted.

Beschouwen we een rechte geleider, waardoor een stroom I loopt, en die **boven** een kompas geplaatst is.

Men stelt vast dat de naald afwijkt.

Indien we de richting van de stroom omkeren, is de richting van de afwijking van de naald omgekeerd.

De richting van de afwijking van de naald is insgelijks omgekeerd, indien we de richting van de stroom behouden doch de geleider **onder** de naald plaatsen.

Omgekeerd, indien de geleider beweegbaar is en de magneet vast, dan tracht de geleider zich loodrecht op de magneet te plaatsen.

Deze proefnemingen zijn de grondslag van de werking der meetapparaten (ampèremeters, voltmeters, enz.) en der motoren.

35 De ampèremeter.

De ampèremeter is een toestel dat dient om de intensiteit van de stroom te meten. Wanneer hij dient om zwakke stromen, van min dan een ampère, te meten wordt hij gewoonlijk milliampèremeter genoemd.

Er zijn er van twee soorten.

In de eerste, is een, rond de as, beweegbare magneet geplaatst in een spoel waardoor men de te meten stroom doet gaan.

Onder de werking van de stroom, die een magnetisch veld veroorzaakt, draait de magneet. Een naald op de magneet vastgezet beweegt voor een gegradueerde schaal (fig. 50). In de tweede soort ampèremeter, is het integendeel een beweegbare spoel die geplaatst is tussen de polen van een hoefijzermagneet (fig. 51).

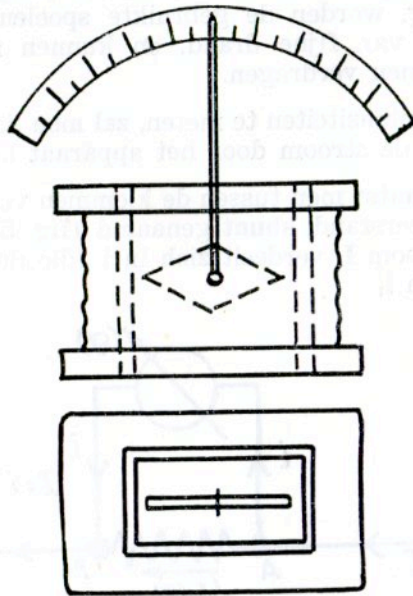


Fig. 50.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 58.

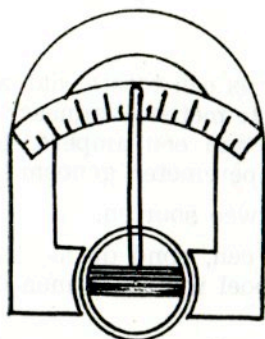


Fig. 51.

36 De shunt.

Gezien de beperkte afmetingen die aan de meetapparaten moeten gegeven worden, en aan de ampèremeters in het bijzonder, worden de gebruikte spoelen vervaardigd door middel van fijne draad, en kunnen ze dus enkel zwakke stromen verdragen.

Om grote intensiteiten te meten, zal men daarom slechts een deel van de stroom door het apparaat laten gaan.

Daarom plaatst men tussen de klemmen van de ampèremeter een weerstand, **shunt** genaamd (fig. 52). De totale te meten stroom I , verdeelt zich in i (die door het apparaat gaat) en i_1

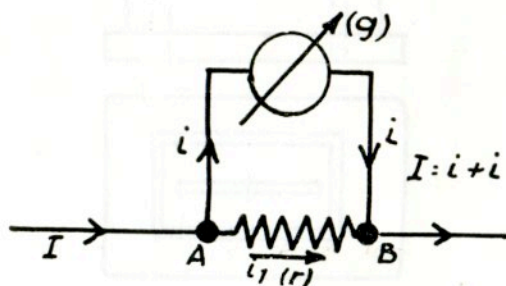


Fig. 52.

Indien g en r respectievelijk de weerstand is van het toestel en de shunt, dan kan men, daar g en de maximum stroom i die het apparaat kan verdragen, gekend is, bepalen welke waarde er aan r moet gegeven worden om een stroom I te kunnen meten.

37 De voltmeter.

Veronderstellen we een batterij E van 100 V (fig. 53) waarvan we de spanning willen weten. Sluiten we tussen de klemmen van deze batterij een weerstand R van 10 000 Ω en een milliampèremeter mA aan.

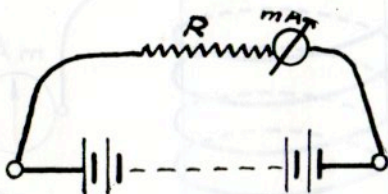


Fig. 53.

De stroom die door de milliampèremeter gaat, bedraagt volgens de wet van Ohm :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{10\,000} = 0,01 \text{ A} = 10 \text{ mA.}$$

Tegenover deze verdeling zullen we 100 V aanduiden. Nemen we het geheel « weerstand — mA » en laat ons het aansluiten tussen de klemmen van een batterij van 50 V. De stroom zal 5 milliampère bedragen en we zullen 50 V op de schaal aanduiden, enz.

We bekomen also een voltmeter.

38 Bepaling van geïnduceerde stromen.

Beschouwen we (fig. 54) een buis van een isolerende stof waarop men een geïsoleerde geleider rolt in naast elkaar liggende windingen. De twee uiteinden van deze

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 60.

geleider eindigen op klemmen waaraan men een milliampèremeter mA verbindt.

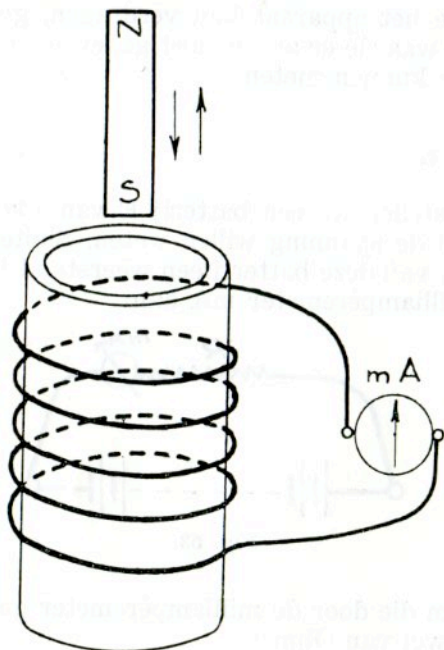


Fig. 54.

Indien men nu met een plotselinge beweging een gemagnetiseerde staaf NS in de buis steekt, stelt men vast dat de naald van de milliampèremeter zich verplaatst.

Wanneer men de magneet uittrekt, verplaatst de naald van de milliampèremeter zich opnieuw, doch de afwijking gebeurt nu in tegenovergestelde richting als bij vorige proef.

De afwijkingen van de milliampèremeter tonen het bestaan aan van een stroom in de geleider van de spoel, stroom die ontstaat door de verplaatsing van de magneet tegenover de geleiders.

Deze stroom zou insgelijks bestaan indien de geleider zich verplaatste ten overstaan van de gemagnetiseerde staaf.

Het is een geïnduceerde stroom.

Het ontstaan van de stroom bewijst het bestaan van electromotorische kracht (e.m.k.).

Men zal dus onthouden dat :

Wanneer een geleider zich verplaatst ten overstaan van een magneet (of omgekeerd), ontstaat er een geïnduceerde electromotorische kracht in die geleider.

Dit beginsel ligt aan de basis van de theorie der dynamo's of generatoren van elektrische energie.

39 Inducerende en geïnduceerde stromen.

We hebben vroeger gezien (art. 33) dat een in schroefvorm opgerolde geleider (solenöide) waardoor men een stroom doet vloeien, zich als een magneet gedraagt.

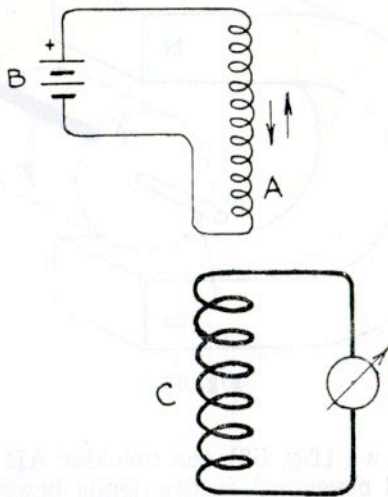


Fig. 55.

Vervangen we (fig. 55) de gemagnetiseerde staaf van de voorgaande proef door een solenöide gevoed door een batterij of een elektrische cel B en steken we haar in de solenöide C verbonden aan een milliampèremeter.

De naald wijkt af.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 62.

Door de solenoïde A terug te trekken wijkt de naald af in tegenovergestelde richting.

De stroom die door A vloeit en die de e.m.k. in C doet ontstaan wordt **inducerende** stroom genoemd in tegenstelling met de **geïnduceerde** stroom die in C ontstaat.

40 Grondbeginselen van de generatoren.

De dynamo is een draaiende machine, aangedreven door een om 't even welk middel, en die elektrische energie voortbrengt (zie art. 3).

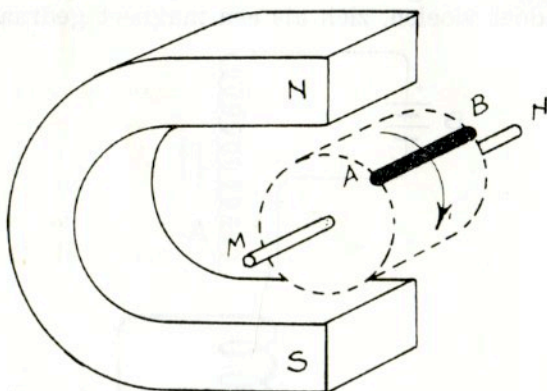


Fig. 56.

Beschouwen we (fig. 56) een geleider AB op een geïsoleerde trommel bevestigd, in draaiende beweging (geschematiseerd op de figuur) tussen de polen van een permanente magneet NS.

Zoals werd uitgelegd in art. 38 ontstaat er een e.m.k. in die geleider.

Daar het practisch onmogelijk is de uiteinden van de bewegende geleider aan een meetapparaat te verbinden, moet er gebruik gemaakt worden van een kunstgreep.

Men verbindt de geleider aan 2 koperen ringen E en F, op de as MN bevestigd doch ervan geïsoleerd (fig. 57).

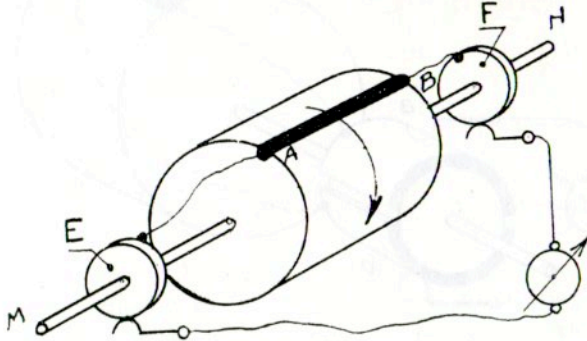


Fig. 57.

Men kan dan contactstukken (**borstels** genoemd) op die ringen doen wrijven en deze borstels aan het meettoestel verbinden.

Men stelt vast dat de afwijking van de milliampèremeter gedurig van richting verandert, hetgeen bewijst dat de e.m.k. geen vaste richting heeft maar dat zij **wisselend** is.

Men heeft een generator van elektrische energie onder vorm van **wisselstroom** bekomen.

Deze soort stroom wordt industrieel gebruikt. Men gebruikt hem nochtans niet onder deze vorm voor de elektrische tractie in België.

De stroom waarover men wenst te beschikken voor die toepassing moet gelijkstroom zijn, t.t.z. dat hij altijd in dezelfde richting moet vloeien.

41 De dynamo.

De kunstgreep waarvan men gebruik maakt om gelijkstroom voort te brengen vormt de **collector**.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 64.

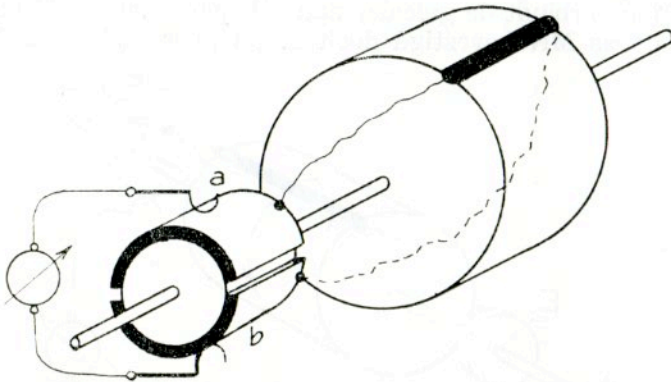


Fig. 58.

Bevestigen we (fig. 58) op de as van de machine een kleine trommel van isolerende stof, waarop twee halve schelpen a, b, van koper bevestigd zijn, de ene van de andere geïsoleerd. Verbinden we de uiteinden A en B van de geleider met deze halve schelpen, waarop de vaste borstels steunen die de klemmen van de dynamo vormen.

In de stand van de figuur 58a, zal dus het uiteinde A door a, verbonden zijn aan de klem 1 van de milliampèremeter.

Een halve toer later (fig. 58b) is a verbonden met de klem 2 en is het b die verbonden wordt met de klem 1.

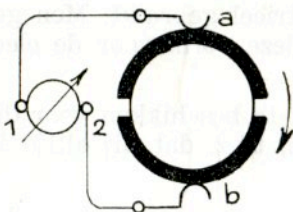


Fig. 58a.

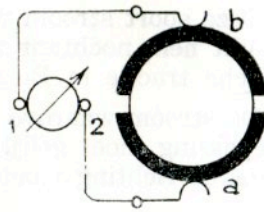


Fig. 58b.

We stellen dus vast dat terzelfdertijd als de richting van de e.m.k. omgekeerd wordt, de verbindingen met het meetapparaat ook verwisseld zullen zijn.

De bekomen stroom zal dus **gelijkstroom** zijn.

Men noemt **collector** het geheel der metalen lamellen bevestigd op de geïsoleerde trommel.

De spanning bekomen aan de klemmen van een alzo gebouwde dynamo zou zeer zwak zijn.

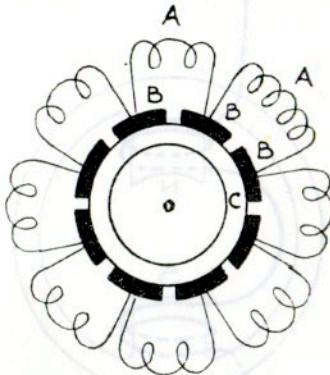


Fig. 59.

Men kan ze vergroten door (fig. 59) de geleider te vervangen door een solenoïde (aantal windingen) en door meerdere spoelen A in serie te plaatsen. De uiteinden van de spoelen eindigen aan de lamellen B van de collector, bevestigd op de geïsoleerde trommel C die gedragen wordt door de as van de motor.

42 Samenstelling van een dynamo.

In de praktijk worden de dynamo's als volgt gebouwd.

De permanente magneet is vervangen door een electromagneet (bijv. 2 ijzeren massa's, verbonden door een armatuur welke het juk van de dynamo vormt, en waarop men geïsoleerde draad windt) (fig. 60).

Het is de **stator**.

Tussen deze polen draait de **rotor**. Hij is samengesteld uit een cilindrische ijzeren **armatuur**, op een as die in 2 kussenblokken draait. De cilinder is voorzien van **gleuven** waarin men geïsoleerde koperen geleiders legt en aan de lamellen van de **collector** verbindt.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 66.

Op deze collector drukken de borstels, over het algemeen van **kool**, die vastgehouden worden in borstelhouders die van veren voorzien zijn.

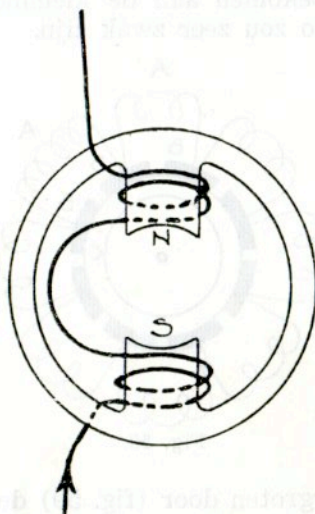


Fig. 60.

De borstels zijn aan de klemmen van de dynamo verbonden.

De kussenblokken van de rotor zijn met draagmetaal of met kogel- of rollagers.

De dynamo kan aangedreven worden door een om het even welke motor (stoommachine, gas-, benzine- of diesel motor).

Bij de N.M.B.S., gebruikt men onder meer, dynamo's aangedreven door de as van een rijtuig; wanneer het rijtuig rijdt laden zij de batterijen der elektrische verlichting van het rijtuig.

43 Grondbeginsel der motoren.

We hebben gezien (art. 34) dat een vrije geleider waarin de stroom vloeit zich tracht te verplaatsen wanneer hij aan de invloed van een magneet onderworpen wordt.

Dit verschijnsel is het grondbeginsel van de elektrische motor.

Indien de borstels van de machine voorgesteld op de fig. 58 verbonden worden aan een stroombron, zal de geleider AB beginnen te draaien tussen de polen van de magneet.

44 Samenstelling van de inductor.

In de praktijk, wordt de permanente magneet, evenals in de nijverheidsdynamo's, vervangen door een electromagneet.

Deze electromagneet zal gevoed worden door dezelfde stroombron als het anker.

Deze twee voedingen kunnen in serie gebeuren, of in parallel (of shunt), en men zal also **serie-** (fig. 61) of **shuntmotoren** (fig. 62) bekomen.

De seriemotoren worden gebruikt in de **electrische tractie**.

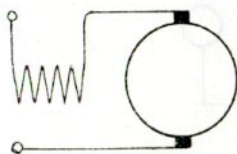


Fig. 61.

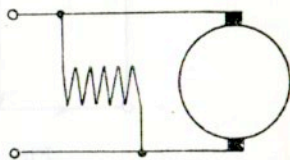


Fig. 62.

45 Eigenschappen van de seriemotor.

De seriemotor bezit de eigenschap een belangrijke kracht te ontwikkelen bij de aanzetting.

Deze eigenschap is zeer belangrijk, daar zij toelaat een grote versnelling aan de elektrische treinen te geven.

De opgeslorpte stroom vermindert naarmate de snelheid van de motor vergroot.

46 In gang zetten van de seriemotor.

Op het ogenblik dat de spanning aangewend wordt aan de klemmen van een stilstaande seriemotor is de opgeslorpte stroom overdreven hoog.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 68.

Teneinde hem te verminderen moet de op de motor aangewende spanning verlaagd worden.

Dit kan gebeuren op twee manieren :

- a) door een aanloopweerstand in te schakelen in serie met de motor (fig. 63); een spanningsval RI wordt veroorzaakt in de weerstand, en de spanning op de motor aangewend wordt $(U - RI)$ kleiner dan U ;

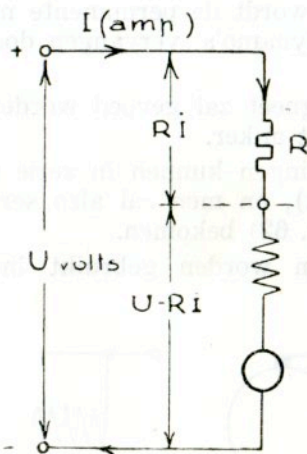


Fig. 63.

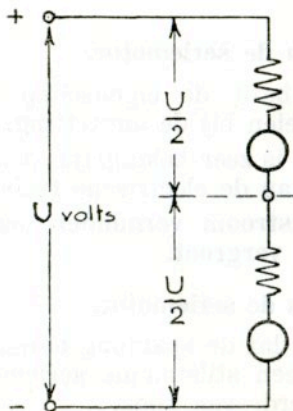


Fig. 64.

- b) men kan, wanneer men over meerdere identieke motoren beschikt (algemeen geval in elektrische tractie) de motoren bij de aanzetting in serie plaatsen.

In geval van twee motoren (fig. 64), zal de op

iedere motor aangewende spanning gelijk zijn aan $\frac{U}{2}$;

in geval van 4 motoren zal zij $\frac{U}{4}$ zijn.

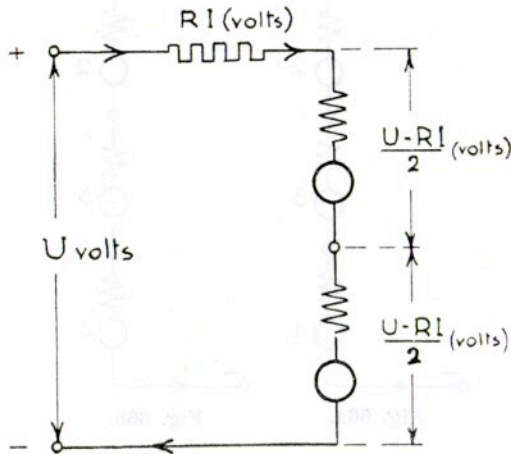


Fig. 65.

- c) over het algemeen worden deze twee manieren terzelfdertijd toegepast (fig. 65).

Zodra de motoren een zekere snelheid bereikt hebben en de opgeslorpte stroom dus verminderd is (art. 45) kan men geleidelijk de weerstanden uitschakelen en de koppeling der motoren wijzigen.

Op het rollend materieel (3000 V) van de N.M.B.S. met 4 motoren heeft men achtereenvolgens de volgende schakelingen :

- 4 motoren in serie, met weerstand (fig. 66a);
- geleidelijke uitschakeling van de aanloopweerstand tot hij volledig (fig. 66b) is kortgesloten;

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 70.

— 2 groepen van 2 motoren in serie, deze groepen in parallel zijnde; het geheel wordt voorafgegaan door een aanloopweerstand (deze schakeling wordt « serie-parallel » genoemd — fig. 66c).

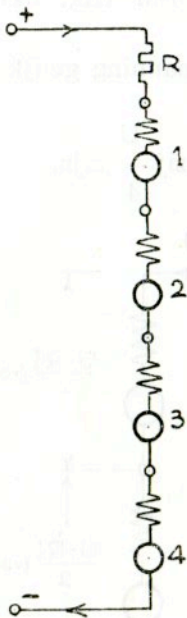


Fig. 66a.

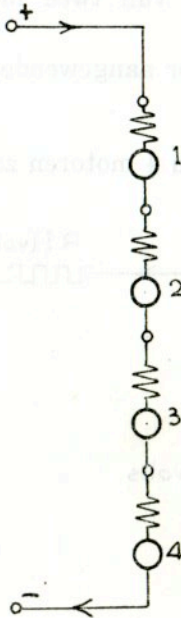


Fig. 66b.

— geleidelijke weglating van de weerstand uit de vorige schakeling (fig. 66d).

Indien men een ampèremeter in de voedingskring inschakelde, zou men het volgende vaststellen.

Op het ogenblik van de aanzetting, zal de aangeduide stroom bijv. 200 A zijn. Daar de motoren beginnen te draaien, zal de stroom verminderen (art. 45) en na een zekere tijd kan men een deel van de weerstanden weglaten.

Door dit feit, vermeerdert de stroom plotseling (vermits de op de motoren aangewende spanning op dit ogenblik vergroot) om dan weer geleidelijk te verminderen.

Na een zekere tijd laat men weer een deel van de in dienst gebleven weerstanden weg, waardoor opnieuw een verhoging van de stroom, enz.

Eindelijk is al de weerstand uitgeschakeld (fig. 66b).

Op dit ogenblik geeft men de serie-koppeling van de motoren op en men neemt de serie-parallelschakeling van fig. 66c aan met al de aanloopweerstanden in serie.

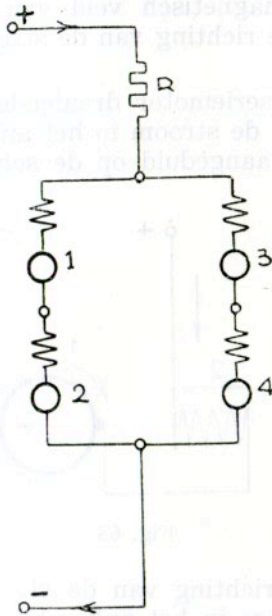


Fig. 66c.

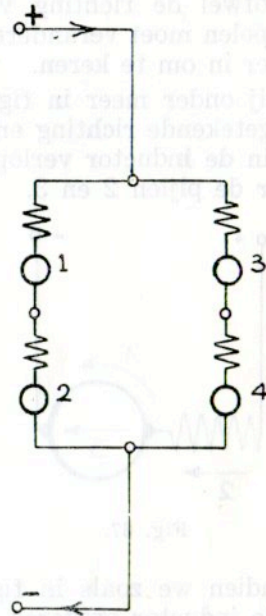


Fig. 66d.

Men schakelt geleidelijk de weerstanden uit tot zij eindelijk weer geheel uitgeschakeld zullen zijn.

Van dit ogenblik af vermindert de stroomintensiteit naarmate de snelheid van de motoren verhoogt.

47 Omkeren van de draairichting van elektrische serie-motoren.

In art. 34 zagen we dat de bewegingsrichting van de magneetmaald geplaatst in de nabijheid van een elektrische geleider kan omgekeerd worden door :

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 72.

- de richting van de stroom in de geleider om te keren;
- door de magneetnaald van de ene zijde van de geleider naar de andere te verplaatsen.

Een motor is niets anders dan een stel geleiders die in een magnetisch veld worden geplaatst.

Hieruit leiden we dus af dat, om de draairichting van een motor te veranderen, men :

- de stroom in het anker van de motor moet omkeren;
- ofwel de richting van het magnetisch veld van de polen moet veranderen door de richting van de stroom er in om te keren.

Zij onder meer in fig. 67 een seriemotor draaiende in de getekende richting en waarvan de stroom in het anker en in de inductor verlopen zoals aangeduid op de schets door de pijlen 2 en 3.

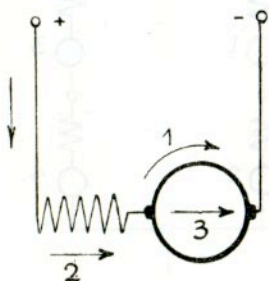


Fig. 67.

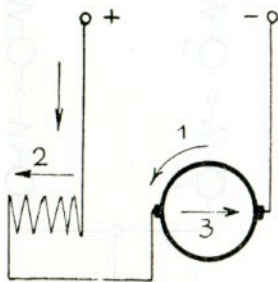


Fig. 68.

Indien we zoals in fig. 68 de richting van de stroom in de inductor omkeren terwijl deze in het anker behouden blijft dan zal de motor in tegenovergestelde zin draaien.

Dezelfde uitslag kunnen we ook bekomen door, zoals in fig. 69, de stroomrichting in de inductor te behouden en deze in het anker om te keren.

Moest men, zoals fig. 70 het aanduidt, door het omwisselen van de klemmen van de motor, de stroom van het anker en van de inductor tegelijkertijd van richting doen veranderen dan zou de motor in dezelfde zin blijven voortdraaien.

Dus om de draairichting van een seriemotor om te keren dient het tot niets de klemmen van de motor om te wisselen, maar moet men de relatieve schakeling van anker ten opzichte van inductor omkeren.

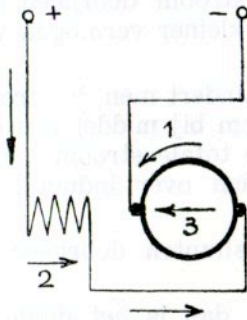


Fig. 69.

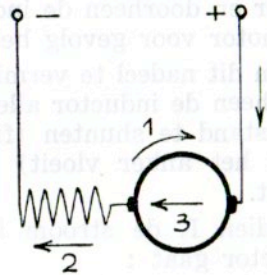


Fig. 70.

In art. 55 zullen we zien hoe zulks in de tractiemotoren der elektrische motorrijtuigen der N.M.B.S. verwezenlijkt is.

48 Shuntten.

Een elektrische motor zal voor een bepaalde belasting des te vlugger draaien, naarmate het magnetisch veld door zijn inductor voortgebracht, kleiner is.

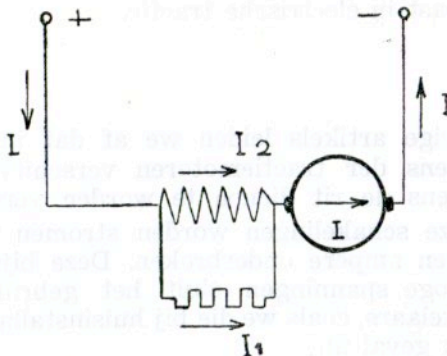


Fig. 71.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 74.

Bijgevolg, om de snelheid van een seriemotor op te voeren zal men de stroom doorheen de inductor vermindern.

Aangezien echter in de normale seriemotor de stroom doorheen het anker en deze doorheen de inductor dezelfde is, zou een vermindering van de stroom doorheen het anker en doorheen de inductor een kleiner vermogen van de motor voor gevolg hebben.

Om dit nadeel te vermijden, vermindert men de stroom doorheen de inductor alleen door hem bij middel van een weerstand te shunten (fig. 71). De totale stroom I (die door het anker vloeit) verdeelt zich over inductor en shunt.

Indien I_2 de stroom is die bij shunten doorheen de inductor gaat :

I_1 de stroom doorheen de shunt, dan is het duidelijk dat :

$$I = I_1 + I_2$$

dus I_2 kleiner dan I .

We besluiten dat door het shunten van de inductor de stroom doorheen deze laatste en dus ook het magnetisch veld kleiner wordt, zonder dat de stroom in het anker is verminderd.

Besluit :

Om de snelheid van een seriemotor op te voeren zal men de inductoren bij middel van een weerstand shunten. Dit wordt toegepast in elektrische tractie.

49 Contactoren.

Uit de vorige artikels leiden we af dat in de hoogspanningsketens der tractiemotoren verschillende schakelingen tijdens de rit dienen te worden verwezenlijkt.

Tijdens deze schakelingen worden stromen van meerdere honderden ampère onderbroken. Deze bijzonderheid evenals de hoge spanningen sluit het gebruik van de gewone schakelaars, zoals we die bij huisinstallaties terugvinden, in elk geval uit.

Het toestel hiervoor in de meeste gevallen gebruikt is de **contactor**, die door sterke veren een zeer snelle opening verzekerden en bovendien van bijzondere toestellen voorzien zijn om de ontstane vonken te doven (vonkendoos).

50 De electromagnetische contactor (fig. 72).

Een spoel A is gewonden omheen een ijzeren kern K die deel uitmaakt van een magnetische keten, die gesloten

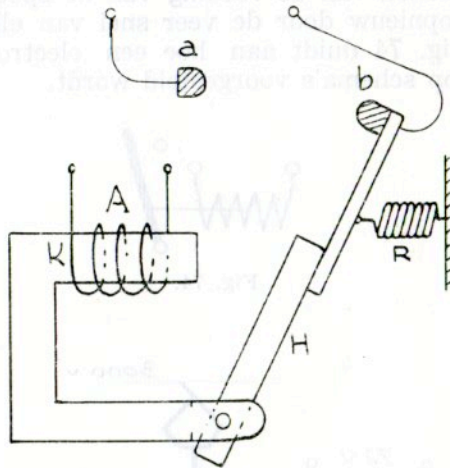


Fig. 72.

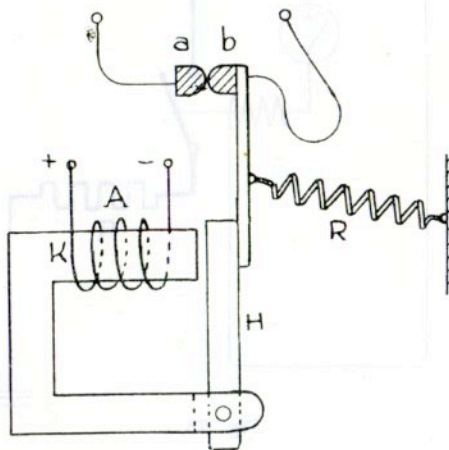


Fig. 73.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 76.

wordt door de beweegbare hefboom H waarop het beweegbare contactstuk b is bevestigd. Zolang de spoel A niet gevoed wordt houdt de veer R de beide contacten a en b van elkaar verwijderd. Zodra de spoel A onder lage spanning gevoed wordt, zal in de ijzeren kern K een sterk magnetisch veld ontstaan dat de veer R overwint. De hefboom H wordt dan tot tegen de ijzeren kern aangetrokken (fig. 73) en de contacten a en b worden gesloten. Bij onderbreken van de voeding van de spoel worden de contacten opnieuw door de veer snel van elkaar verwijderd. De fig. 74 duidt aan hoe een electromagnetische contactor op schema's voorgesteld wordt.



Fig. 74.

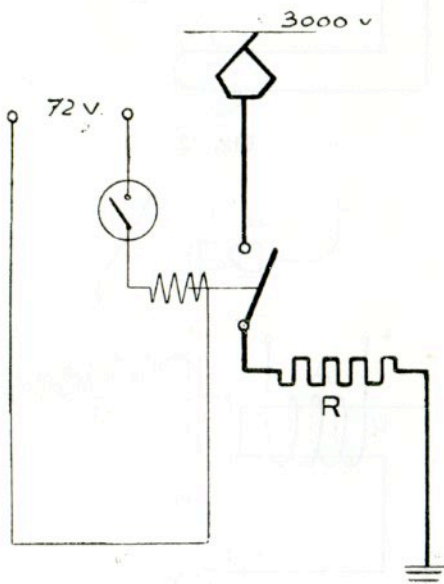


Fig. 75.

Voorbeelden van electromagnetische contactoren vindt men op de elektrische motorrijtuigen :

- e.m. contactor voor voeding van de radiatoren van de elektrische verwarming R (fig. 75);
- e.m. contactor voor het voeden van de motorcompressorgroep MC (fig. 76).

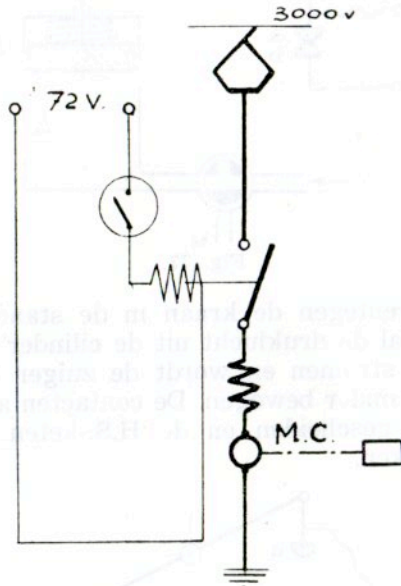


Fig. 76.

51 De electropneumatische contactor.

In een cilindrisch lichaam A (fig. 77) dat van een voedingskanaal i voorzien is, beweegt zich de zuiger B, verbonden door de stang S aan de beweegbare hefboom H die het beweegbare contactstuk b draagt. Het toestel wordt met druklucht gevoed doorheen een kraan K.

Indien men de kraan opent (fig. 77) zal de zuiger zich naar boven bewegen en de beide contactstukken a en b

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 78.

met elkaar in aanraking brengen, waardoor de keten waarin zich de contactor bevindt gevormd wordt.

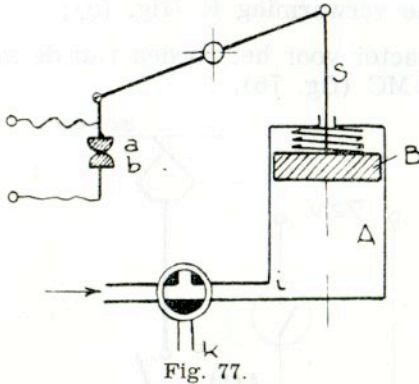


Fig. 77.

Wordt daarentegen de kraan in de stand van fig. 78 gesteld, dan zal de druklucht uit de cilinder in de buitenlucht kunnen stromen en wordt de zuiger door de veer krachtig naar onder bewogen. De contacten a en b worden van elkander gescheiden en de H.S.-keten wordt aldus snel onderbroken.

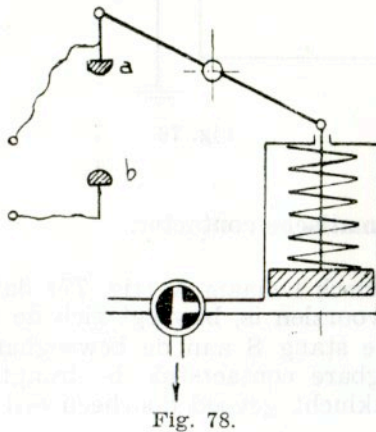


Fig. 78.

Toepassingen van de electropneumatische contactoren vindt men bij de elektrische motorrijtuigen (hoofdschakelaar).

Maart 1956.

52 Contactoren bewogen door nokkenas.

De hierboven beschreven contactoren worden allen afzonderlijk bediend. In sommige gevallen heeft men er voordeel bij, een reeks van verschillende contactoren gezamenlijk te bedienen; in dit geval zijn al deze contactoren verzameld nevens een nokkenas in de ene of andere richting door een motor bewogen (fig. 79).

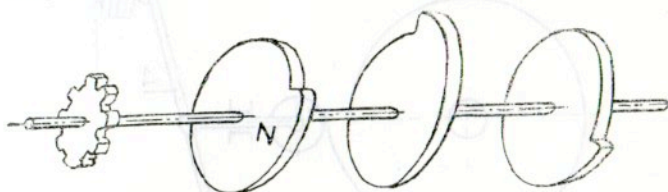


Fig. 79.

Beschouwen we de contactor van fig. 80.

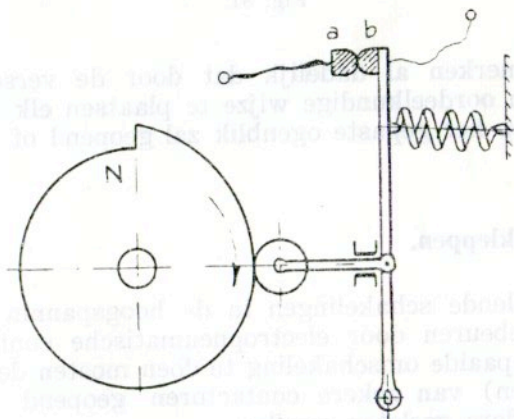


Fig. 80.

In deze stand zijn de beide contactstukken a en b met elkaar in aanraking : de contactor is gesloten.

Wanneer de nokkenas door de motor aangedreven, over een zekere hoek in de getekende richting draait, dan zal

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 80.

op een bepaald ogenblik het nok N tegen de beweegbare hefboom H drukken en de contactor **openen** (fig. 81).

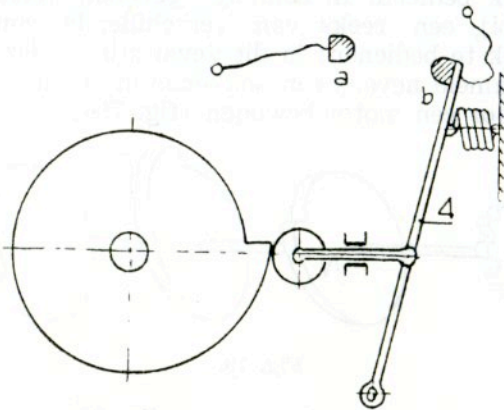


Fig. 81.

We bemerken al dadelijk dat door de verschillende nokken op oordeelkundige wijze te plaatsen elk der contactoren op het gepaste ogenblik zal geopend of gesloten worden.

53 De electrokleppen.

Verschillende schakelingen in de hoogspanningsketens kunnen gebeuren door electropneumatische contactoren. Om een bepaalde omschakeling te doen moeten de kranen (of kleppen) van zekere contactoren geopend worden, terwijl andere gesloten worden.

Deze kleppen worden electrisch en van op afstand bediend : ze worden daarom « electrokleppen » genoemd en zijn van het type **inlaat** (lucht ingelaten wanneer ze gevoedt worden onder LS-stroom) of van het type **uitlaat** (lucht ontsnapt wanneer ze gevoedt worden).

De fig. 82 en 83 stellen in doorsnede een « inlaat »-electroklep voor in hare twee standen.

De elektroklep (fig. 82) is als volgt samengesteld :

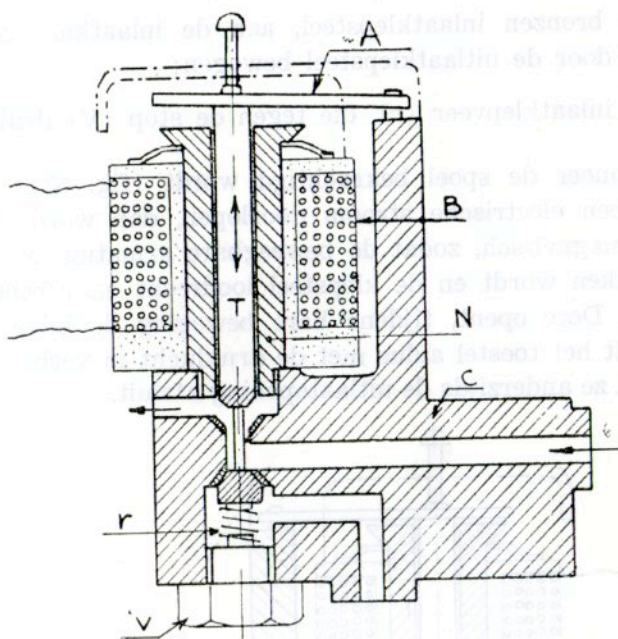


Fig. 82.

- het gietijzeren lichaam (C), waarin de drukluichtkanalen zijn uitgeboord, en de zittingen der kleppen (in geel koper) zijn geperst;
- een magnetische kern (N) in zacht staal, die in het lichaam is geschroefd en de opwekkingsspoel (B) draagt;
- een bronzen uitlaat-klepsteel (T) die glijdt in de kern (N) en waarvan de conische basis de uitlaatklep vormt;

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 82.

- een beweegbare armatuur (A) uit staal, die de klepsteel (T) bedient en beschermd wordt door een aluminium deksel voorzien van proefknop;
- de bronzen inlaatklepsteel, aan de inlaatklep gelast en door de uitlaatklepsteel bewogen;
- de inlaatklepveer (r), die tegen de stop (V) drukt.

Wanneer de spoel bekrachtigd wordt (fig. 83), t.t.z. door een elektrische stroom doorlopen, dan wordt hare kern magnetisch, zodat de beweegbare armatuur A aangetrokken wordt en de klepsteel loodrecht naar beneden drukt. Deze opent, tijdens hare beweging de inlaatklep en stelt het toestel aldus met de druklucht in verbinding, terwijl ze anderzijds de uitlaatopening afsluit.

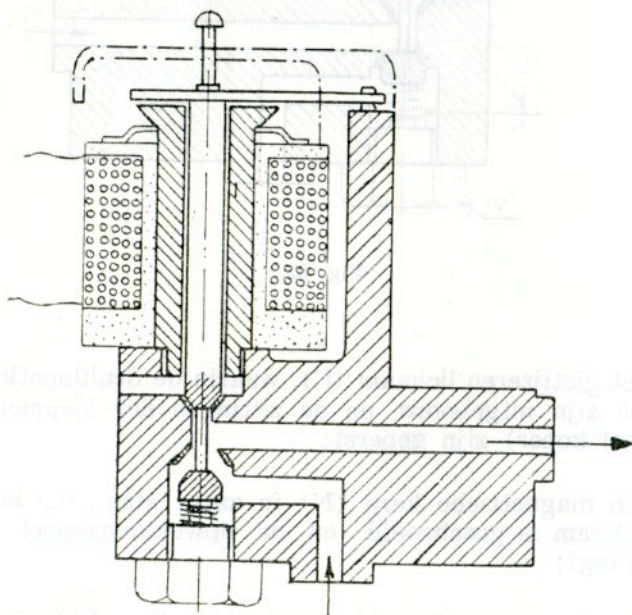


Fig. 83.

Wanneer men de stroom in de spoel onderbreekt neemt de klepsteel onder de werking der veer opnieuw hare ruststand in; de voeding van het toestel wordt onderbroken en het wordt met de buitenlucht in verbinding gesteld.

Fig. 84 en 85 stellen een electroklep type « uitlaat » voor, respectievelijk in niet bekrachtigde stand en bekrachtigde stand.

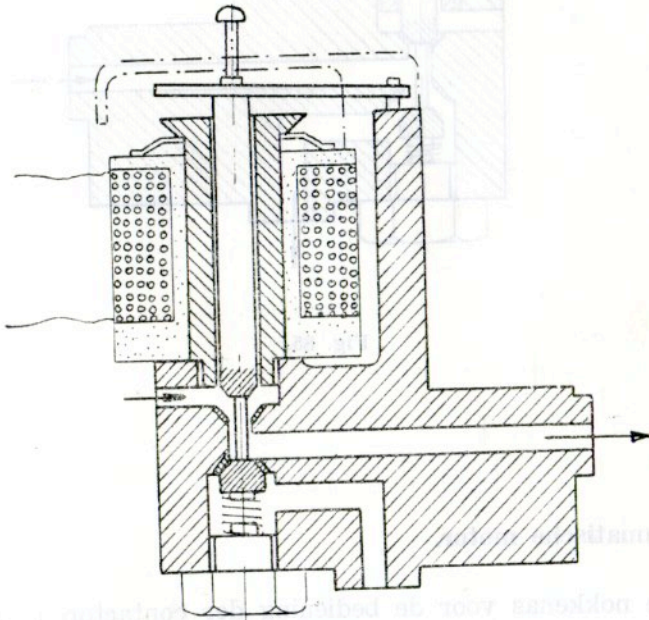


Fig. 84.

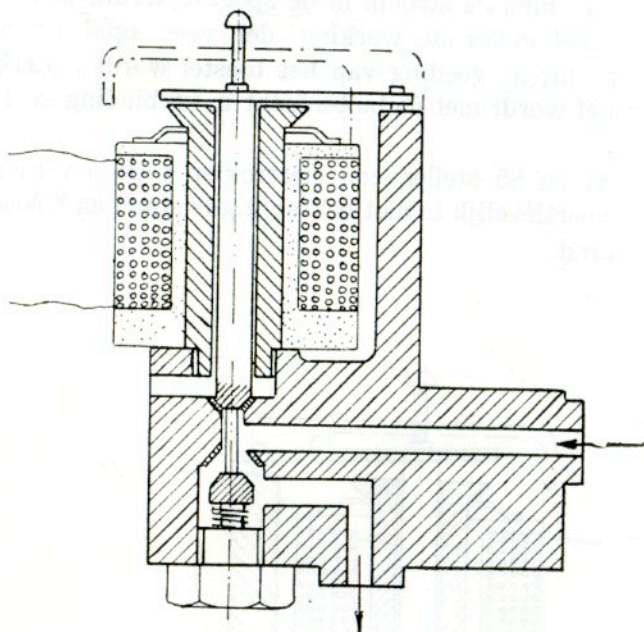


Fig. 85.

54 Pneumatische motor.

De nokkenas voor de bediening der contactoren (art. 52) evenals sommige andere toestellen (richtingswals art. 58) kunnen bewogen worden door pneumatische motoren.

Vershillende soorten pneumatische motoren zijn op de elektrische motorrijtuigen in gebruik.

55 Pneumatische motor met gelijke zuigers en volledige slag.

In een cilindrisch lichaam bewegen zich 2 zuigers van gelijke doormeter die vast zijn aan een tandbeugel (fig. 86).

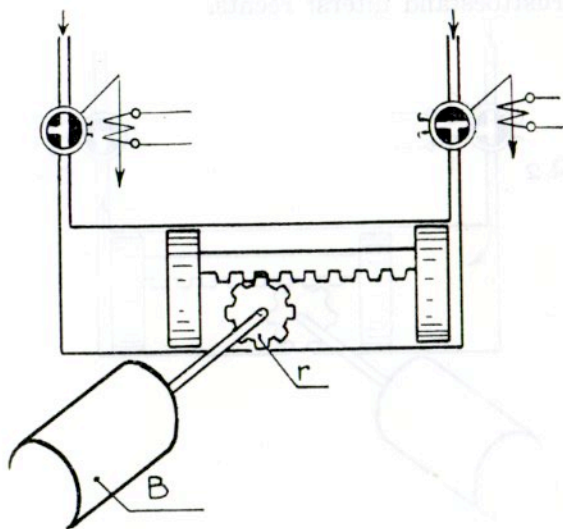


Fig. 86.

Het toestel heeft aan weerszijden een drukluchtvoeding, die door een « inlaat »-electroklep gecontroleerd wordt.

Wanneer de linkerelectroklep bekrachtigd wordt, dringt de druklucht in de cilinder langs de linkerkant, en het samenstel der zuigers zal zich verplaatsen.

De trommel B op wier as is bevestigd het rondsel r dat inneemt op de tandbeugel, zal hierdoor over een zekere hoek draaien.

56 Pneumatische motor met gelijke zuigers en gegradueerde slag.

Een cilindrisch lichaam bevat twee gelijke zuigers door een tandbeugel met elkaar verbonden. Aan de ene zijde bevindt zich een inlaatelectroklep (R_1) aan de andere zijde een uitlaatelectroklep (R_2) (fig. 87).

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 86.

In ruststand (geen enkele klep bekrachtigd) is de klep R_1 gesloten (met de buitenlucht in verbinding) terwijl R_2 geopend is en de druklucht aan de linkerzijde van de zuiger laat binnenstromen. De beide zuigers bevinden zich dus in rusttoestand uiterst rechts.

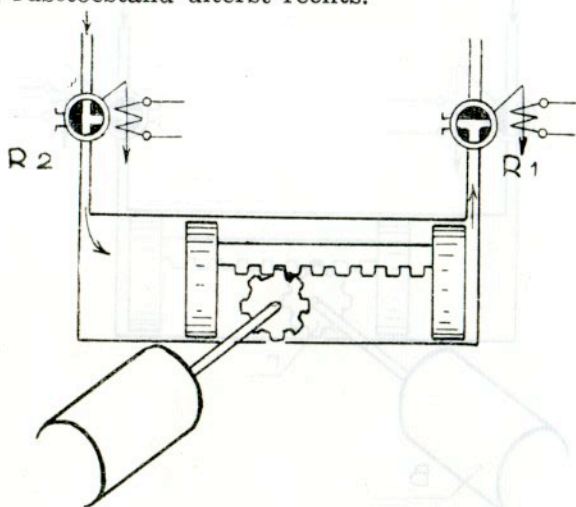


Fig. 87.

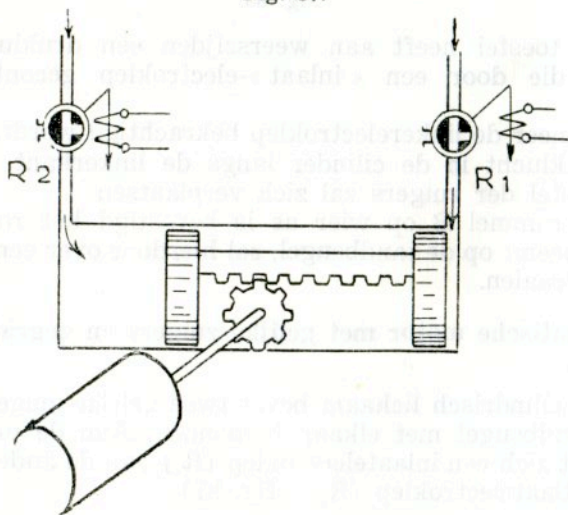


Fig. 88.

Voor het bedienen van de pneumatische motor wordt eerst en vooral de inlaatklep R_1 bekrachtigd, waardoor de druklucht eveneens aan de rechterzijde toegelaten wordt. De zuigers zullen echter hierdoor niet bewegen, aangezien op beide zijden dezelfde druk bestaat (fig. 88).

Vervolgens wordt de klep R_2 een ogenblik bekrachtigd: ze laat dus een zekere hoeveelheid lucht ontsnappen, waardoor de zuigers zich over een bepaalde afstand naar links zullen verplaatsen en de trommel over een overeenstemmende hoek zal verdraaid worden (fig. 89).

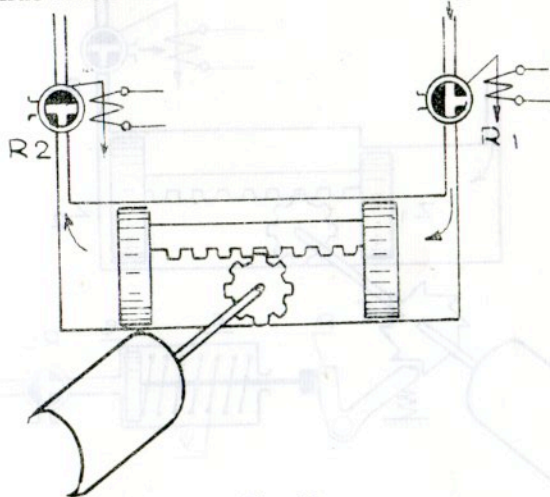


Fig. 89.

Door de electroklep R_2 achtereenvolgens een kort ogenblik te bekrachtigen zal de trommel T geleidelijk draaien tot de zuigers beiden hun uiterste stand links bereikt hebben.

Bij het onderbreken van de voeding van beide electrokleppen zullen de twee zuigers ogenblikkelijk naar hun uiterste rechtse stand terug gebracht worden.

57 Pneumatische motor met ongelijke zuigers.

In een cilindrisch lichaam bewegen zich twee, door een tandstang verbonden zuigers met ongelijke doormeters.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 88.

Aan de kant van de kleine zuiger is het toestel voortdurend met de druklucht verbonden; aan de tegenovergestelde zijde wordt de toevoer van druklucht gecontroleerd door een inlaatklep R_1 (fig. 90).

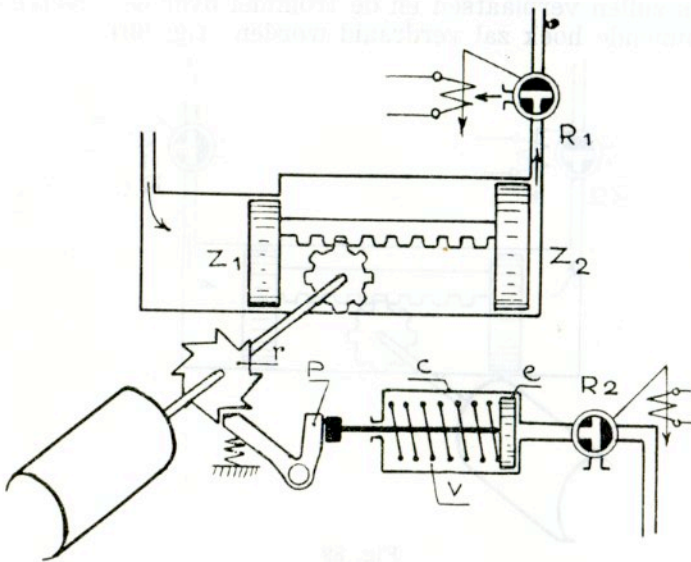


Fig. 90.

In ruststand bevinden zich dus beide zuigers uiterst rechts aangezien de inlaatklep de rechterzijde met de buitenlucht in verbinding stelt.

Om de pneumatische motor te gebruiken wordt de inlaatklep bekrachtigd (fig. 91), de zuigers zijn geneigd zich naar links te verplaatsen vermits de oppervlakken van de zuigers (dus ook van de toegepaste kracht) ongelijk zijn.

De beweging van de zuigers wordt verhinderd door een pal p met palrad r , eveneens door een inlaatklep gecontroleerd.

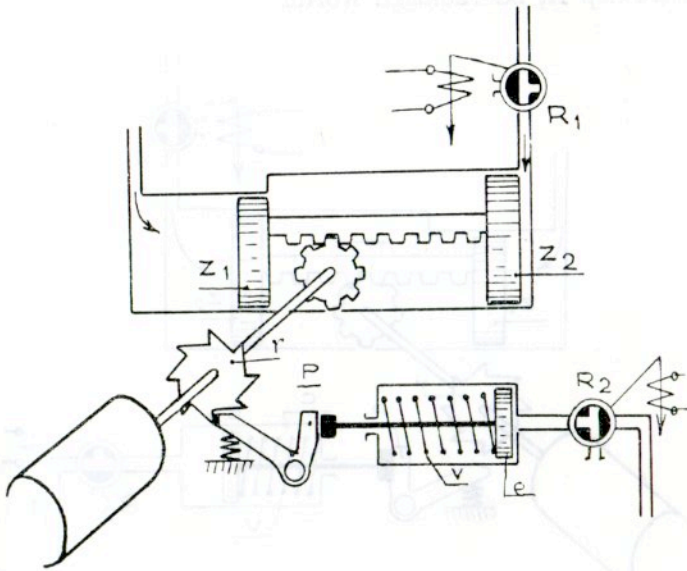


Fig. 91.

Indien we R_2 kortstondig bekrachten, zal ze druklucht toelaten aan de rechterzijde van het kleine zuigertje e dat zich naar links zal verplaatsen (fig. 92) en de pal vrijmaken.

De zuigers Z_1 en Z_2 kunnen naar links bewegen tot de voeding der electroklep R_2 onderbroken wordt. Alsdan wordt het cilindertje C weer met de buitenlucht in verbinding gesteld zodat het zuigertje e door de veer opnieuw naar rechts wordt geduwd en de pal weer met het palrad zal ingrijpen.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 90.

Ook hier zal de trommel die bewogen wordt door de servomotor over een zekere hoek draaien telkens als de electroklep R_2 bekrachtigd wordt.

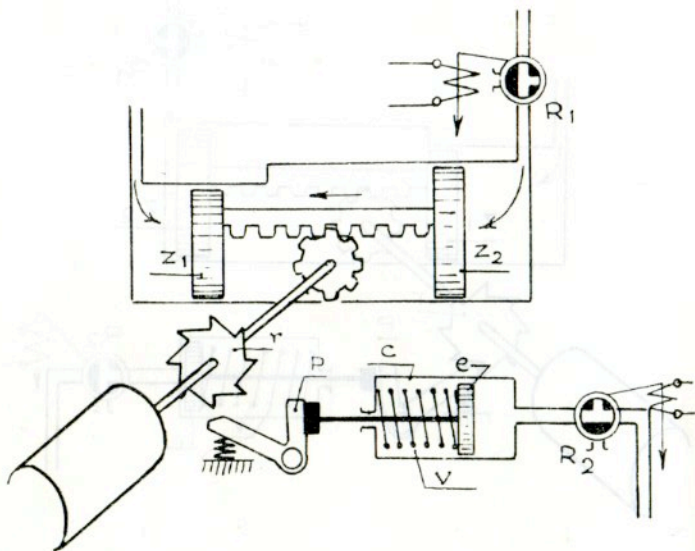


Fig. 92.

58 Omkeren der draairichting.

In art. 47 zagen we, dat om de draairichting van een seriemotor om te keren, men de richting van de stroom in het anker of in de veldwikkeling moet omkeren.

In de tractiemotoren van de N.M.B.S. is het steeds de richting van de stroom in de veldwikkeling die wordt omgepoold.

Het eenvoudigste middel om aan deze vereiste te voldoen is afgebeeld in fig. 93 en 94. Volgens de stand van de tweepolige messchakelaar A zal de stroom doorheen de veldwikkeling B van de motor in de ene of de andere richting vloeien, in het anker C daarentegen wordt hij niet omgekeerd.

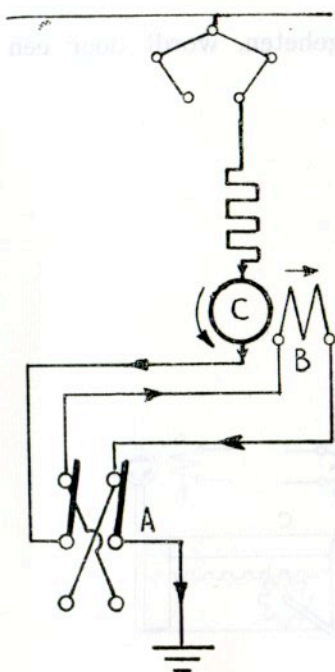


Fig. 93.

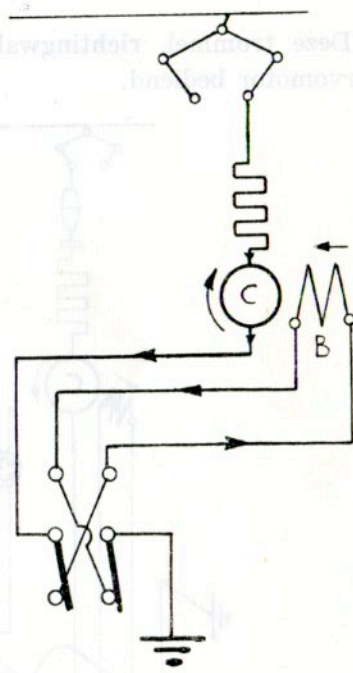


Fig. 94.

Gezien de praktische onmogelijkheid deze messchakelaar van op afstand te bedienen van uit de stuurpost worden ze in elektrische tractie niet aangewend.

Meestal gebruikt men hiervoor trommels (fig. 95 en 96) van contactstukken a voorzien, die tegen vaste contactvingers b aandrukken.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 92.

Fig. 95 en 96 tonen duidelijk aan hoe door het verdraaien van de trommel over een zekere hoek de stroom doorheen de veldwikkeling in de ene of de andere richting zal vloeien zonder de stroomrichting in het anker te wijzigen.

Deze trommel, **richtingwals** geheten, wordt door een servomotor bediend.

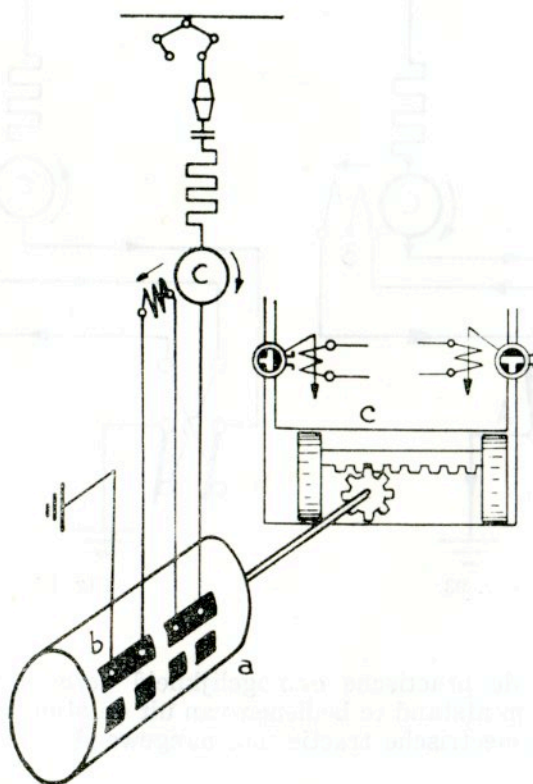


Fig. 95.

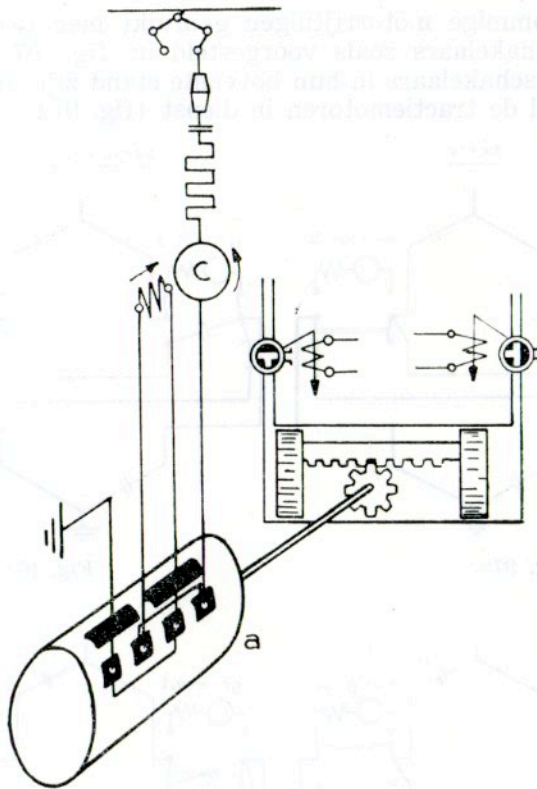


Fig. 96.

59 Buiten dienst stellen van een motor.

Het kan gebeuren dat tijdens de rit van het motorrijtuig een der motoren beschadigd wordt.

Het is van belang de beschadigde motor uit de hoogspanningstractieketen te schakelen en met behulp van de in dienst gebleven motoren het eindstation zelfstandig te bereiken. Daar bij de motorrijtuigen van de N.M.B.S., de motoren steeds in groepen van twee geschakeld blijven, moet de inschakeling gebeuren per groep van twee motoren.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 94.

Deze bewerking kan op twee verschillende manieren gebeuren :

- a) Op sommige motorrijtuigen gebruikt men tweepolige messchakelaars zoals voorgesteld in fig. 97. Indien beide schakelaars in hun bovenste stand zijn geplaatst zijn al de tractiemotoren in dienst (fig. 97a en b).

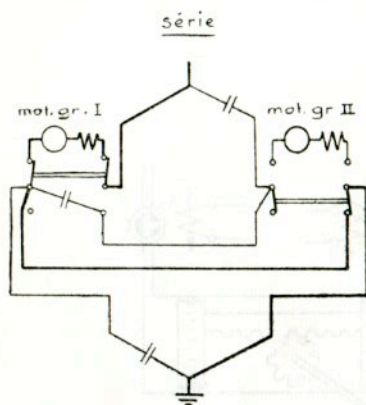


Fig. 97a.

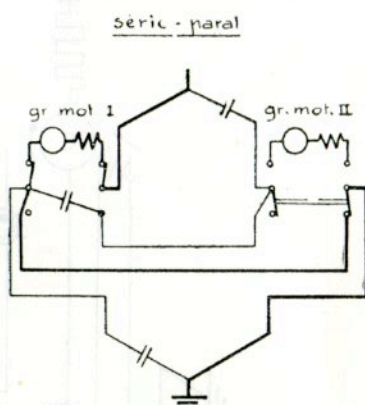


Fig. 97b.

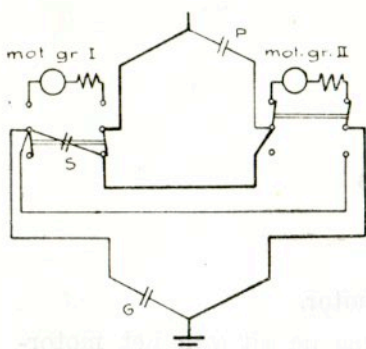


Fig. 97c.

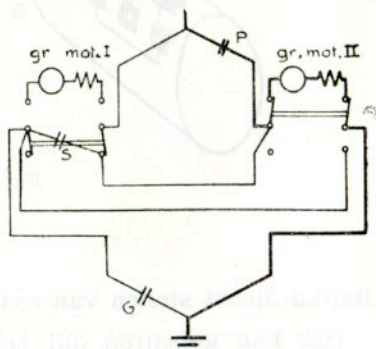


Fig. 97d.

Door de linkermesschakelaar in zijn onderste stand te brengen wordt de motorgroep I (motoren 1 en 2) buiten dienst gesteld (fig. 97c en d); door middel van de rechtermesschakelaar kan men de motor-

groep II (motoren 3 en 4) buiten dienst stellen (fig. 97e en f).

- b) Andere motorrijtuigen zijn voorzien van een trommel met contactstukken en contactvingers (zoals deze van fig. 95). Deze trommel heeft echter geen servomotor doch wordt met de hand bewerkt.

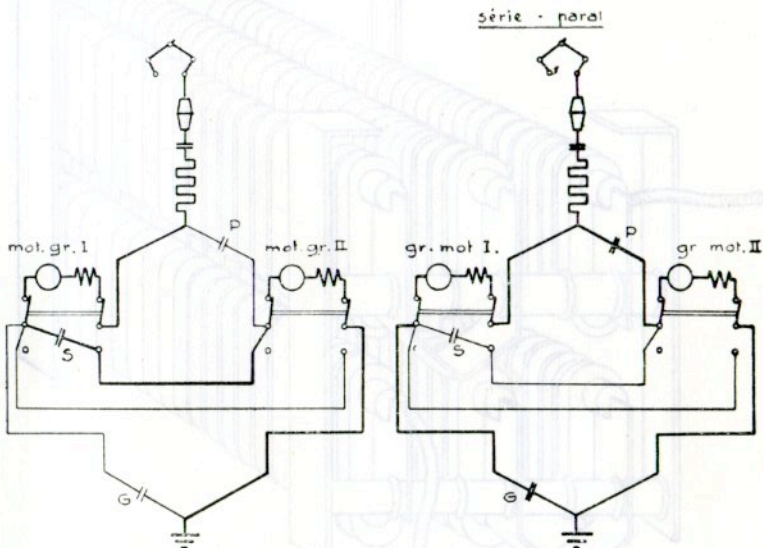


Fig. 97e.

Fig. 97f.

Hij kan de 3 volgende standen innemen :

- alle tractiemotoren in dienst;
- motoren 1-2 in dienst;
- motoren 3-4 in dienst.

60 Aanloopweerstand.

Zoals in art. 46 werd uitgelegd, dienen deze aanloopweerstand om tijdens het ingangzetten van het motorrijtuig de spanning aan de klemmen van de motoren te beperken.

Verscheidene types van aanloopweerstand zijn in gebruik bij de N.M.B.S.

61 De aanloopweerstand met band.

Ze bestaan (fig. 98) uit een band van sterke, roestvrije legering met hoge ohmse weerstand, spiraalvormig opgerold op staven met elliptische doorsnede uit isolerend materieel dat tegen de warmte bestand is (steatiet).

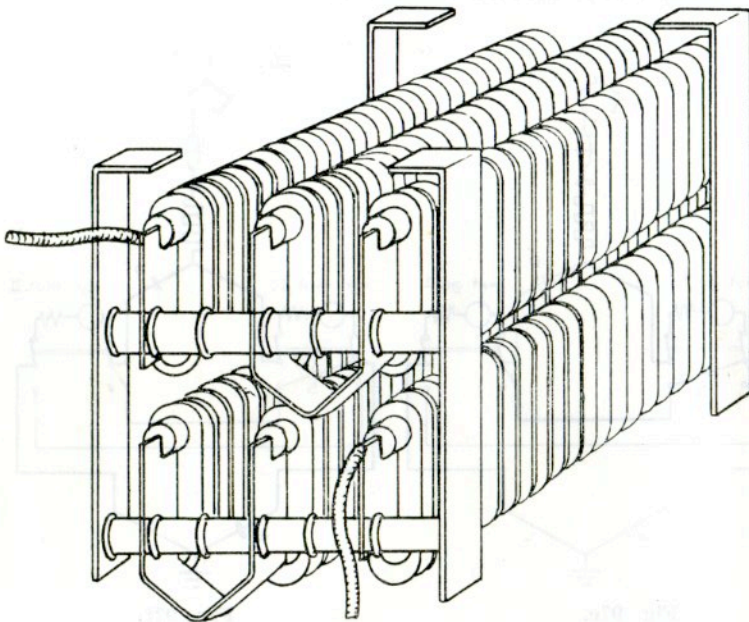


Fig. 98.

Deze omwikkelde staven worden isolerend opgesteld in ramen uit bandijzer.

Verschillende zulke kassen worden samen opgehangen onder het rijtuig om een goede afkoeling te bekomen tijdens de rit van de trein (verwarming door Joule-effect).

Ze worden gebruikt in al de elektrische motorrijtuigen van de N.M.B.S.

62 De aanloopweerstand met rooster.

Ze bestaan (fig. 99) uit dikkere banden van bijzonder gietijzer met een vorm zoals aangeduid in fig. 100.

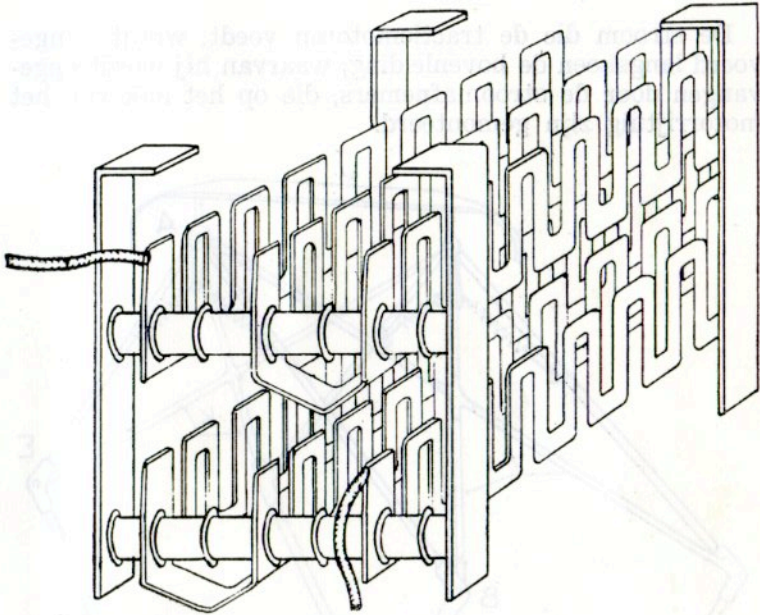


Fig. 99.

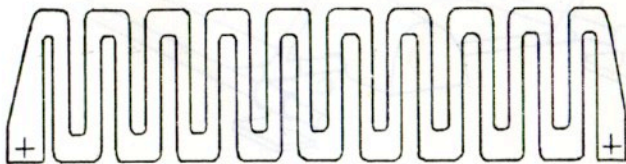


Fig. 100.

Verschillende dezer banden of roosters worden isole-
rend opgesteld in ramen uit bandijzer. Deze ramen worden

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 98.

boven tegen het plafond van de locomotieven type 101 opgehangen.

63 Stroomafnemers.

De stroom die de tractiemotoren voedt, wordt aangevoerd langsheen de bovenleiding, waarvan hij wordt opgevangen door de stroomafnemers, die op het dak van het motorrijtuig zijn gemonteerd.

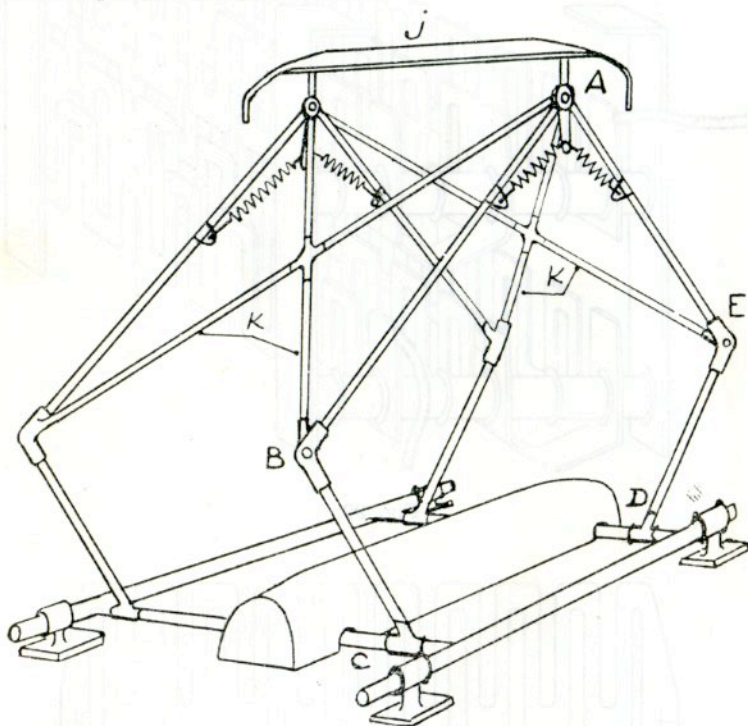


Fig. 101.

Er bestaan twee stroomafnemers per motorrijtuig; in normale omstandigheden is slechts één enkele in dienst.

De stroomafnemers moeten toelaten van grote stroomsterkte op te vangen onder alle weersomstandigheden (sneeuw, ijsvorming, storm) zonder schadelijke lichtbogen op grote snelheid. Daarom kan de eenvoudige trolley of beugel, zoals gebruikt bij de tramwegen, niet meer volstaan en worden bij de N.M.B.S. als stroomafnemers uitsluitend « pantografen » aangewend.

Deze stroomafnemer is gevormd (fig. 101) uit twee gelede vierhoeken A B C D E uit stalen buizen welke verbonden zijn met kruisstukken k, en die een kleine stroombeugel j dragen, voorzien van sleepschoenen van grafiet.

De stroomafnemer wordt voortdurend naar omlaag getrokken door een veer L, die in een cilinder M is geplaatst (fig. 102).

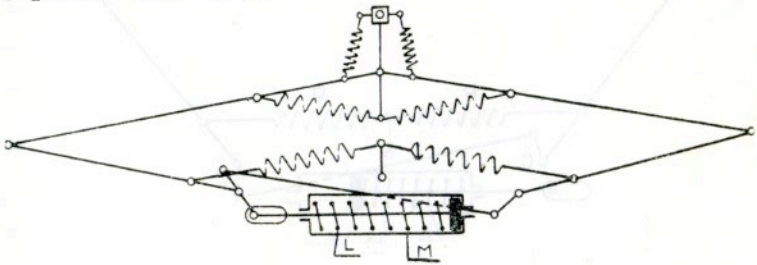


Fig. 102.

Wanneer nochtans door middel van een electroklep druklucht in de cilinder M wordt toegelaten zal de zuiger Z zich naar links verplaatsen en de veer L samendrukken. Op dat ogenblik zullen de veren R de stangen BC en DE samentrekken en zal de stroomafnemer naar omhoog gaan (fig. 103).

De grotere oneffenheden daarentegen zijn door de beweeglijkheid van de vierhoek A B C D E zelf, zonder invloed op de goede stroomafname.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 100.

De stroombeugel j dient, om ondanks de kleine oneffenheden van de bovenleiding een voortdurend contact tussen stroomafnemer en bovenleiding te verzekeren.

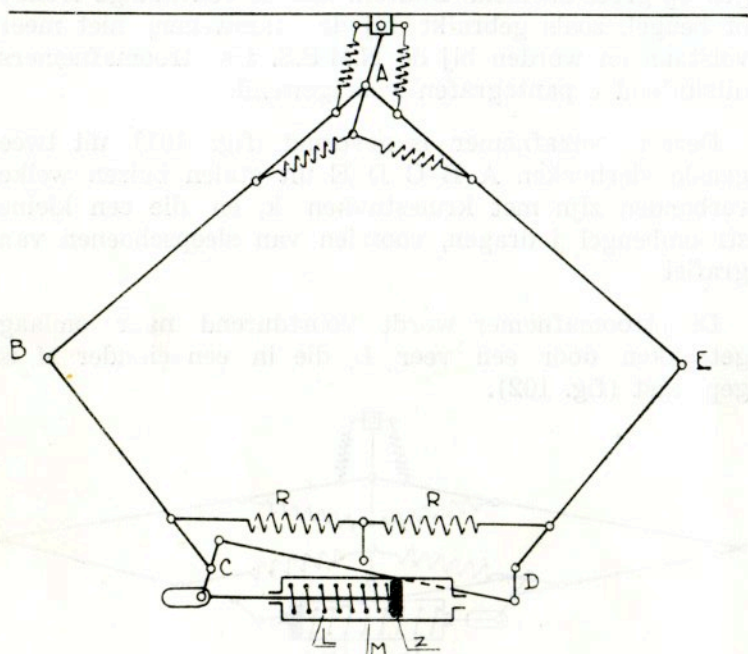


Fig. 103.

Om bij het aanvangen van de dienst, als de luchtdruk onvoldoende is, de stroomafnemers toch te kunnen oplichten, is b.v. een handpomp P voorzien (fig. 104).

Voor het oplichten der stroomafnemers moeten dus twee gevallen beschouwd worden :

- a) **DE DRUKKING IN HET RESERVOIR R BEREIKT 3 KG.**
(druk nodig voor het oplichten van de stroomafnemers).

In dit geval volstaat het de afsluitkraan van de stroomafnemer, die men wenst te lichten, te openen (pantograaf I op fig. 104), de driewegkraan RT in de horizontale stand te plaatsen en de electroklep E V_1 van de

stroomafnemer te bekrachtigen (schakelaar in de stuurpost).

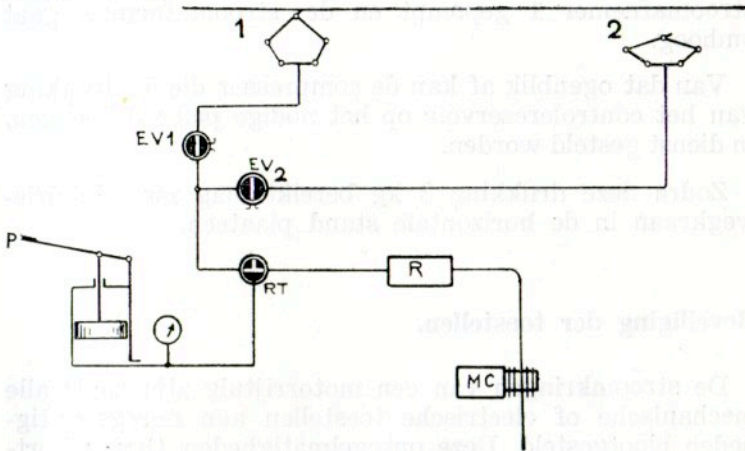


Fig. 104.

b) DE DRUKKING IN HET RESERVOIR R BEREIKT GEEN 3 KG. (fig. 105).

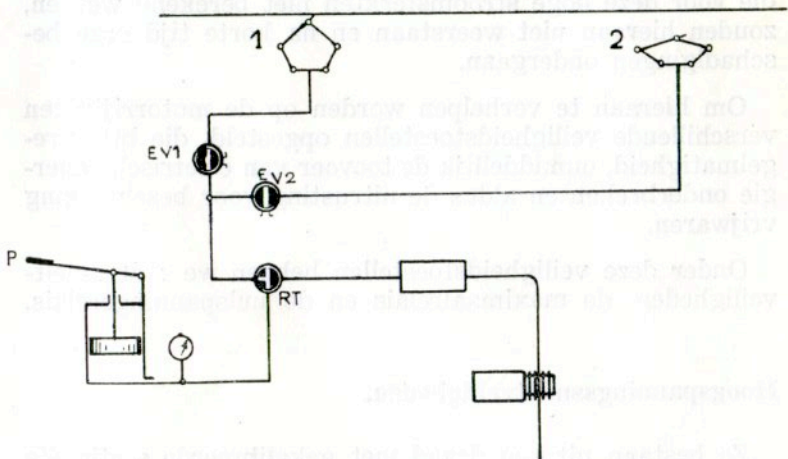


Fig. 105.

De driewegkraan wordt in de **vertikale** stand geplaatst, de afsluitkraan 1 van de stroomafnemer 1 wordt geopend.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 102.

Na de elektroklep $E V_1$ te hebben opgewekt, wordt door middel van de handpomp druklucht in de cilinder van de stroomafnemer 1 gepompt en de stroomafnemer gaat omhoog.

Van dat ogenblik af kan de compressor die de drukking van het controlereservoir op het nodige peil zal brengen, in dienst gesteld worden.

Zodra deze drukking 3 kg bereikt mag men de driewegkraan in de horizontale stand plaatsen.

64 Beveiliging der toestellen.

De stroomkringen van een motorrijtuig zijn zoals alle mechanische of elektrische toestellen aan onregelmatigheden blootgesteld. Deze onregelmatigheden (b.v. : kortsluiting tussen 2 draden) hebben meestal het ontstaan van zeer hoge stroomsterkten voor gevolg (art. 21).

De tractiemotoren, evenals de aanloopweerstand, die voor deze hoge stroomsterkten niet berekend werden, zouden hieraan niet weerstaan en na korte tijd erge beschadigingen ondergaan.

Om hieraan te verhelpen worden op de motorrijtuigen verschillende veiligheidstoestellen opgesteld, die bij onregelmatigheid, onmiddellijk de toevoer van elektrische energie onderbreken en aldus de uitrusting voor beschadiging vrijwaren.

Onder deze veiligheidstoestellen hebben we : de smeltveiligheden, de maximaalrelais en de nulspanningsrelais.

65 Hoogspanningssmeltveiligheden.

Ze bestaan uit een draad met gekalibreerde sectie die van zodra de stroomsterkte een bepaalde waarde overschrijdt doorsmelten en aldus de stroomketen onderbreken.

In beginsel stemmen ze overeen met de smeltveiligheden beschreven in art. 22.

Men onderscheidt :

a) **DE HOOFDSMELTVEILIGHEID.**

Ze is door de totale stroom doorlopen (tractie, verwarming, compressor) en bevindt zich boven op het dak van het motorrijtuig of onder de kast, in een koffer. Zij dient als algemene veiligheid voor heel de elektrische inrichting van het motorrijtuig (fP van fig. 106).

b) **HOOGSPANNINGSSMELTVEILIGHEDEN DER HULPDIENSTEN.**

Ze worden door een geringere stroom doorlopen (verwarming, motor van compressor). De doorsnede van de smeltdraad is daarom kleiner (fMc en fch van fig. 106).

66 **Maximaalrelais.**

Een smeltveiligheid heeft als nadeel dat ze, telkens ze in werking treedt, vernietigd wordt. Aangezien de meeste onregelmatigheden zich in de tractiemotoren zelf voordoen, en van voorbijgaande aard zijn heeft men in de tractieketens geen smeltveiligheden voorzien, maar een toestel dat van zodra de stroomsterkte een zekere waarde bereikt, een HS-schakelaar opent die de toevoer van elektrische energie onderbreekt.

Dit toestel, « **maximaalrelais** » genoemd, kan na elke werking weer ingeschakeld worden.

Het bestaat in beginsel uit een spoel met enkele windingen dikke draad. De doorgang van de stroom doorheen deze windingen doet een magnetisch veld ontstaan, dat met de stroomsterkte groeit. Als deze laatste een bepaalde waarde bereikt is het veld sterk genoeg om een ijzeren armatuur aan te trekken en aldus een schakelaar die er op bevestigd is te openen; deze onderbreekt de keten.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 104.

Op elk motorrijtuig zijn drie maximaalrelais voorzien : een relais RMG voor het geheel der tractieketens en een voor elke groep van twee motoren (fig 106).

67 Nulspanningsrelais.

De aanloopweerstand dienen om bij trage snelheid (tijdens de aanloop) de spanning aan de motoren te beperken : bij hogere snelheid worden die aanloopweerstand automatisch buiten dienst gesteld.

Indien echter tijdens de rit om gelijk welke reden de spanning der bovenleiding verdwijnt, worden de motoren niet meer gevoed en zal de trein vertragen.

Moest nadien, wanneer de snelheid bij voorbeeld tot 30 km/h is gedaald, de bovenleiding plotseling weer onder spanning worden gesteld, dan zou, aangezien de aanloopweerstand niet meer in dienst zijn, de volledige spanning aan de traagdraaiende motoren worden aangewend en de stroom in de motoren zou dus abnormaal hoog worden, hetgeen een gevaar voor de motoren zou betekenen.

Om hieraan te verhelpen is een toestel voorzien, « nulspanningsrelais » genoemd, dat de hoogspanningsketens onderbreekt zodra de spanning beneden een bepaalde waarde is gedaald (fig. 106 — RTN).

Het nulspanningsrelais bestaat uit een spoel van vele windingen dunne draad die op een kern is gewonden en, in serie met een weerstand, verbonden is met de bovenleiding.

Hoe kleiner de spanning van de bovenleiding, hoe kleiner ook de stroom die de spoel doorloopt, en des te kleiner het magnetisch veld in de kern.

Beneden een bepaalde waarde van de spanning is het magnetisch veld van de kern onvoldoende om hare armatuur op te houden; deze laatste valt neer, en opent een schakelaar die de tractieketen onderbreekt.

In fig. 106 is een eenvoudig schema van de hoogspanningsketens getekend, waarin de HS smeltveiligheden, de

maximaalrelais en het nulspanningsrelais schematisch zijn voorgesteld — deze laatste alsof ze rechtstreeks de hoogspanningsketens onderbreken.

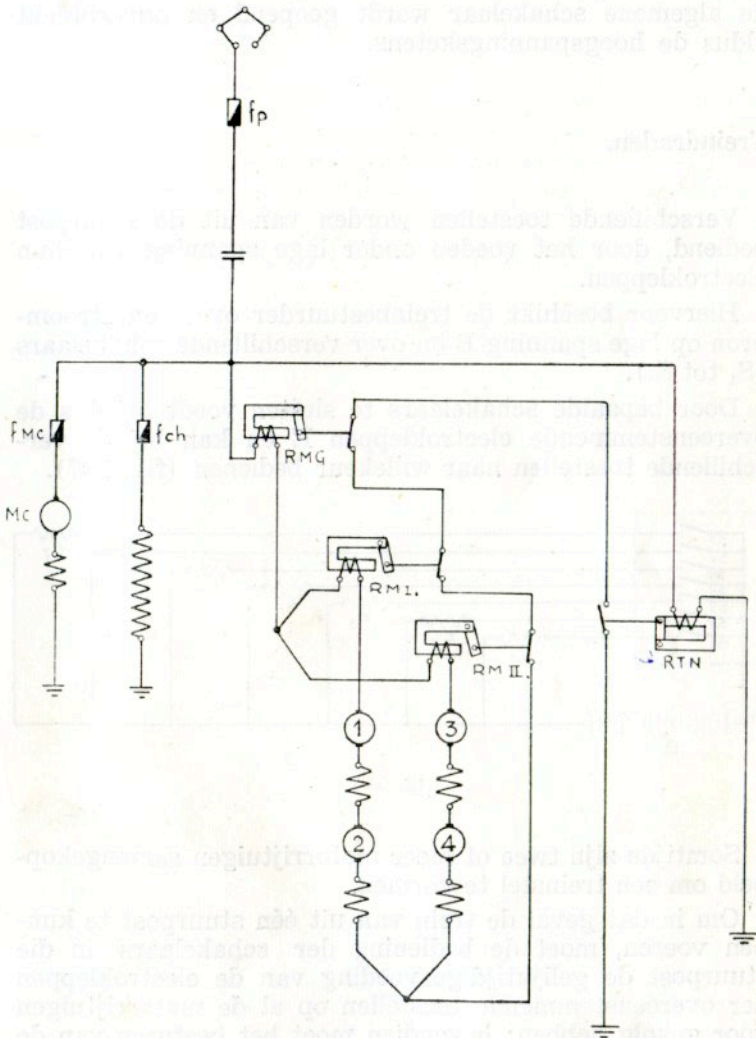


Fig. 106.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 106.

In werkelijkheid echter onderbreken de verschillende relais de voeding op laapspanning van de electrokleppen van de algemene hoogspanningsschakelaar. Zodra dus een van hen werkt, wordt de electroklep niet meer gevoed : de algemene schakelaar wordt geopend en onderbreekt aldus de hoogspanningsketens.

68 Treindraden.

Verschillende toestellen worden van uit de stuurpost bediend, door het voeden onder lage spanning van hun electrokleppen.

Hiervoor beschikt de treinbestuurder over een stroombron op lage spanning B en over verschillende schakelaars (S_1 tot S_2).

Door bepaalde schakelaars te sluiten voedt hij dus de overeenstemmende electrokleppen E en kan hij de verschillende toestellen naar willekeur bedienen (fig. 107).

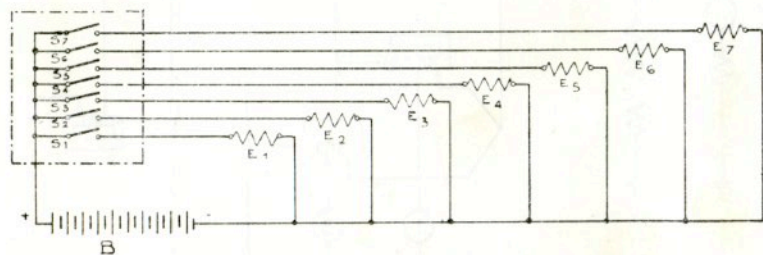


Fig. 107.

Somtijds zijn twee of meer motorrijtuigen samengekoppeld om een treinstel te vormen.

Om in dat geval de trein van uit één stuurpost te kunnen voeren, moet de bediening der schakelaars in die stuurpost de gelijktijdige voeding van de electrokleppen der overeenstemmende toestellen op al de motorrijtuigen voor gevolg hebben; bovendien moet het besturen van de trein kunnen geschieden van uit gelijk welke stuurpost.

De oplossing die hiervoor aangenomen wordt is voorgesteld in fig. 108.

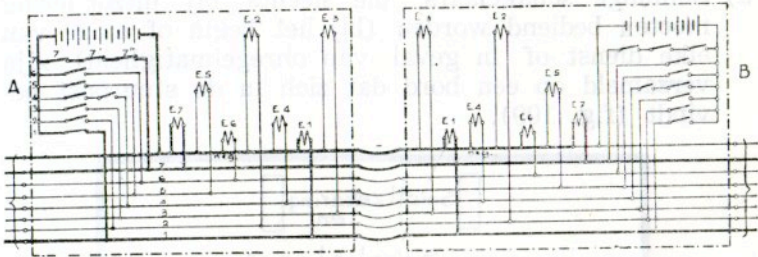


Fig. 108.

Veronderstellen we bij voorbeeld dat de stuurpost A bezet is en dat de treinbestuurder de schakelaar 1 heeft gesloten.

De draad 1 komt onder spanning. Deze draad loopt door gans de trein en wordt daarom treindraad genoemd.

Al de electrokleppen 1 van heel het stel zullen dus onder spanning worden gesteld.

Fig. 108 toont aan dat hetzelfde resultaat ook kan bekomen worden door de schakelaar 1 van de stuurpost B te sluiten.

Merken we op dat sommige treindradsen gevoed worden over verschillende schakelaars in serie (bij voorbeeld : treindraad 7 in schema 108 — schakelaars 7, 7' en 7'').

Het is duidelijk dat in dit geval de treindraad slechts onder spanning komt wanneer al die schakelaars gesloten zijn.

Aangezien de treindradsen onder de ganse trein moeten lopen, zijn tussen de verschillende rijtuigen verbindingen nodig. De nodige draden worden verzameld in een gemeenschappelijke isolerende huls en verbonden aan beide kanten aan een veelpolige stekker die past in de koppelingsdoos die zich aan weerszijden van elk rijtuig bevindt.

69 Toestellen in de stuurpost.

De schakelaars nodig voor de voeding der treindradsen werden in fig. 108 op schematische wijze en identiek voorgesteld.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 108.

In feite doen deze schakelaars zich onder verschillende vormen voor :

- a) Sommige schakelaars, die slechts bij uitzondering moeten bediend worden (bij het begin of einde van elke dienst of in geval van onregelmatigheid) zijn verzameld op een bord dat zich in de stuurpost bevindt (fig. 109).

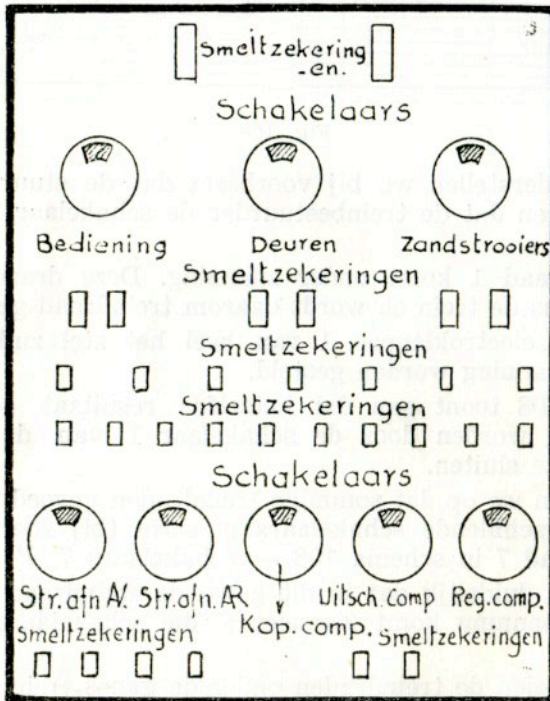


Fig. 109.

Op hetzelfde bord bevinden zich eveneens de laagspanningsveiligheden die verschillende laagspanningsketens tegen kortsluiting beschermen.

Ze zijn van het Gardy-type (zie art. 22) of van het type met stopsmeltzekerheid.

De schakelaars zijn draaischakelaars en werden beschreven in art. 12.

- b) Andere schakelaars die slechts bij elk vertrek uit een eindstation en in sommige gevallen tijdens de rit moeten bediend worden hebben de vorm van eenvoudige **drukknoppen** en staan gerangschikt in een kleine koffer in het onmiddellijk bereik van de treinbestuurder (fig. 110). De koffer is voorzien van een slot dat met een speciale sleutel moet geopend worden, alvorens men de drukknoppen kan bedienen. De sleutel kan slechts afgenomen worden wanneer alle drukknoppen zich in de ruststand bevinden (overeenkomstige schakelaars open).

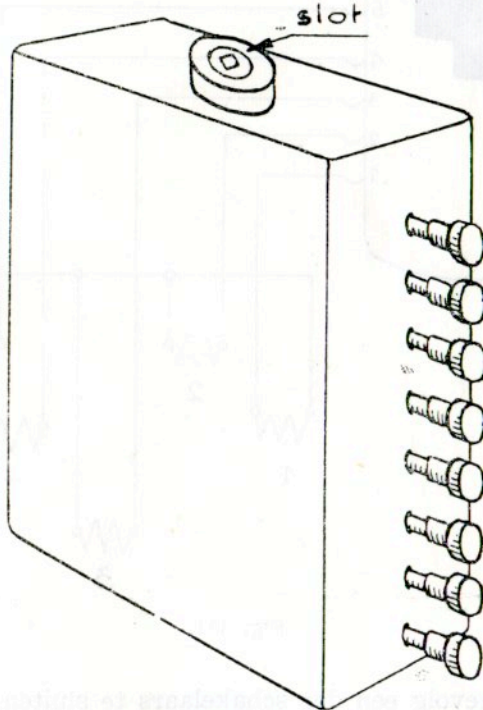


Fig. 110.

- c) De schakelaars die onrechtstreeks tussenkomen voor het in dienst stellen van de tractiemotoren en dus gedurende de rit voortdurend moeten bediend worden,

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 110.

komen voor onder vorm van contactvingers en contactstukken (fig. 111), die bevestigd zijn op trommels. Deze trommels zijn van een handkruk voorzien.

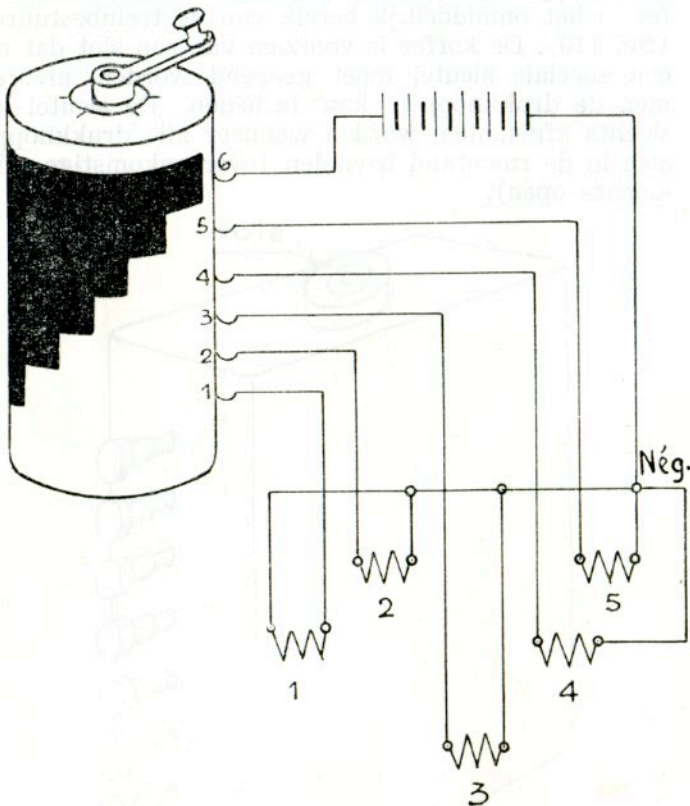


Fig. 111.

Om bijgevolg een der schakelaars te sluiten moet men de trommel doen draaien.

Men onderscheidt :

- de keerkruk : dienende om de richting van de rit (voor- of achteruit) te bepalen;

— de versnellingskruk : de bediening van deze kruk regelt de aanloop en de versnelling van de trein.

- d) Tenslotte bestaat één van de schakelaars voor de bediening van de stroomafnemers onder vorm van een schakelaar met sleutelgrendeling.

Om de schakelaar te sluiten moet men beschikken over een bijzondere sleutel; deze sleutel kan slechts uit de schakelaar getrokken worden als de schakelaar open is.

Al de hoogspanningstoestellen zijn opgesteld in gesloten koffers die met dezelfde sleutel moeten geopend worden; de sleutel blijft in het slot zolang de koffer open is.

Deze schikking verwezenlijkt een veiligheid tegen ongevallen. Om een hoogspanningstoestel te kunnen bereiken moet men de koffer openen; daarvoor heeft men een sleutel nodig. Om over deze sleutel te kunnen beschikken, is het nodig dat de grendelschakelaar die de elektrokleppen van de stroomafnemers voedt, geopend is.

De hoogspanningstoestellen kunnen dus nooit bereikt worden als ze onder spanning staan.

De grendelschakelaar is in de stuurpost opgesteld.

Opmerking.

Voor sommige elektrokleppen moeten verschillende schakelaars in serie gesloten zijn alvorens de elektroklep gevoed wordt (zie art. 66). Het is vanzelfsprekend dat deze schakelaars tot verschillende der hierboven aangehaalde types kunnen behoren.

Fig. 112 geeft ter verduidelijking hiervan de voeding der elektrokleppen E_1 en E_2 der beide stroomafnemers als voorbeeld aan.

De beide schakelaars 1 en 2 bevinden zich op het laagspanningsbord en dienen om de ene of de andere stroomafnemer buiten dienst te stellen.

Boekje hlt

12. I.

Bladz. 112.

De schakelaar a is de grendelschakelaar met sleutel.

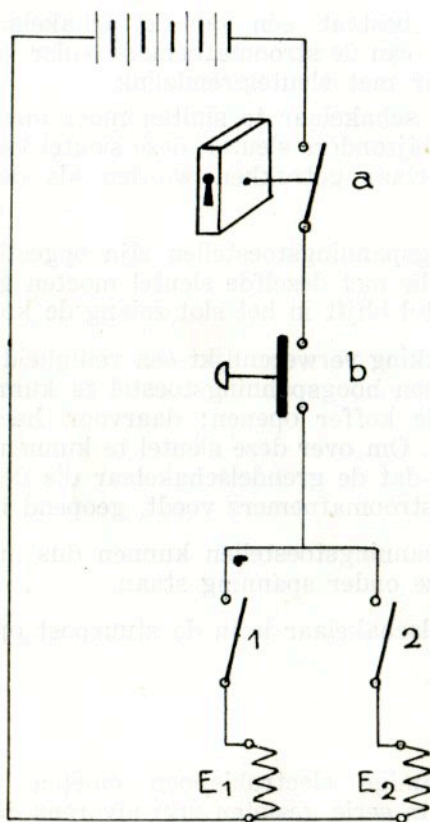


Fig. 112.

De schakelaar b is een drukknop waarmee de in dienst te stellen stroomafnemer kan opgelicht of neergelaten worden, telkens als de voerder het wenst, op voorwaarde dat de andere schakelaars gesloten zijn.