

DE NIEUWE LOKOMOTIEVEN T27 VAN DE NMBS

De nieuwe lokomotieven T27 van de NMBS zijn uitgerust met choppers (onderbrekers) met vernier-thyristoren, wat de soepelheid van de elektronische sturing van de traktiemotoren nog verhoogt. De lokomotief is ontstaan door een actieve synergie tussen de NMBS, de mechanische constructeur BN en verschillende divisies van ACEC. Door de opvatting van de stroomkringen kan de machine zeer interessante prestaties leveren, zowel voor het reizigersverkeer als voor het trekken van goederentreinen.

INLEIDING

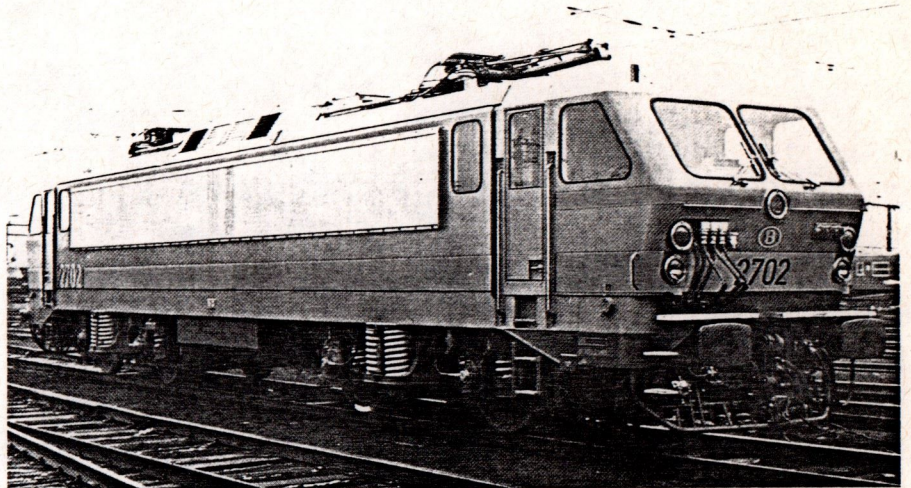
In 1979 en in 1980 bestelde de NMBS aan de Tijdelijke Vereniging "ACEC" - Spoorwegmaterieel en Metaalconstructies "BN" - twee reeksen van 30 lokomotieven van het type 27, met een IEC vermogen van 4.180 kW. Voor latere uitbreiding en vernieuwing van zijn park traktiemachines heeft de NMBS besloten zich nog lokomotieven van hetzelfde type aan te schaffen, maar met een kleiner vermogen (3150 kW):

- van het type 21 voor het 3 kV gelijkstroomnet voor binnenlands verkeer (in mei 1981 werd een eerste bestelling van 30 machines geboekt).
- van de types 11 en 12 voor het dubbelgelijkstroomnet 1,5 - 3 kV en het net 3 kV-g.s./25 kV-50 Hz voor verbindingen met Nederland en Frankrijk (in maart 83 werd voor elk type een bestelling van 12 machines ingeschreven).

Zoals alle traktiemachines van de NMBS sinds 1970, werd de lokomotief T27 uitgerust met thyristoronderbrekers. Deze techniek heeft reeds zijn degelijkheid aangetoond op meer dan 160 motorrijtuigen en op 25 lokomotieven type 20 van 5117 kW, vooral gebruikt voor gemengde tractie van zware treinen op de lijn naar Luxemburg.

ALGEMENE KENMERKEN VAN DE LOKOMOTIEVEN T27

De lokomotieven T27, figuur 1, zijn voor "gemengd" gebruik: zij kunnen zowel reizigerstreinen van 600 t trekken met een maximale snelheid van 160 km/h als goederentreinen van 800 t met een maximale snelheid van 80 km/h, op de heuvelachtige lijn van Luxemburg met hellingen tot 18‰.



1. De lokomotief T27 van de NMBS.

Deze lokomotieven zijn met een elektrische weerstandsremming uitgerust voor het behoud van de snelheid op hellingen of hun vertraging in samenwerking met de pneumatische rem van de spoorwagens. De stroomkringen zijn zo opgevat dat één persoon volstaat voor de sturing van twee gekoppelde lokomotieven en dat zij ook als duwlokomotief voor de omkeerbare rijstelen kunnen gebruikt worden. De lokomotief is voor de nominale spanning van 3 kV ontworpen maar kan ook met beperkt vermogen op een 1,5 kV-net gebruikt worden.

Enkele technische kenmerken :

Asopstelling	: BoBo	
Aantal traktiemotoren	: 4	
Bedrijfsklaar gewicht	: 85 t	
Gewicht elektrisch gedeelte	: 40 t	
Gewicht van een draaistel :		
zonder motoren	: 10,53 t	
met motoren	: 21,15 t	
Maximale snelheid	: 160 km/h	
Wieldiameter	: 1215 mm	
	halve sleet	
Reduktieverhouding	: 1/2,829	

	1-uur- bedrijf	Kontinu bedrijf
Vermogen volgens IEC	4380 kW	4180 kW
Referentie-snelheid	86,6 km/h	88,2 km/h
Trekkracht aan de velgen	177,5 kN	166,3 kN
Aanzetkracht	234 kN	
Kracht bij 160 km/h	78 kN	

Algemene inrichting van de lokomotief :
Zie figuur 2.

Mechanisch gedeelte

— Het karkas van de lokomotief heeft op elk uiteinde een stuurhut; het centraal gedeelte bestaat uit de machineafdeling. Via twee gangen in langsrichting kan men zich van de ene naar de andere stuurhut begeven.

— De twee draaistellen hebben twee assen en dragen elk twee traktiemotoren. Zij zijn met het karkas verbonden via toebehoren met laag zwaartepunt en secundaire ophangingen van het type Flexicoil. De asaandrijving gebeurt met een elastische overbrenging die de onderlinge bewegingen van motoren en assen mogelijk maakt.

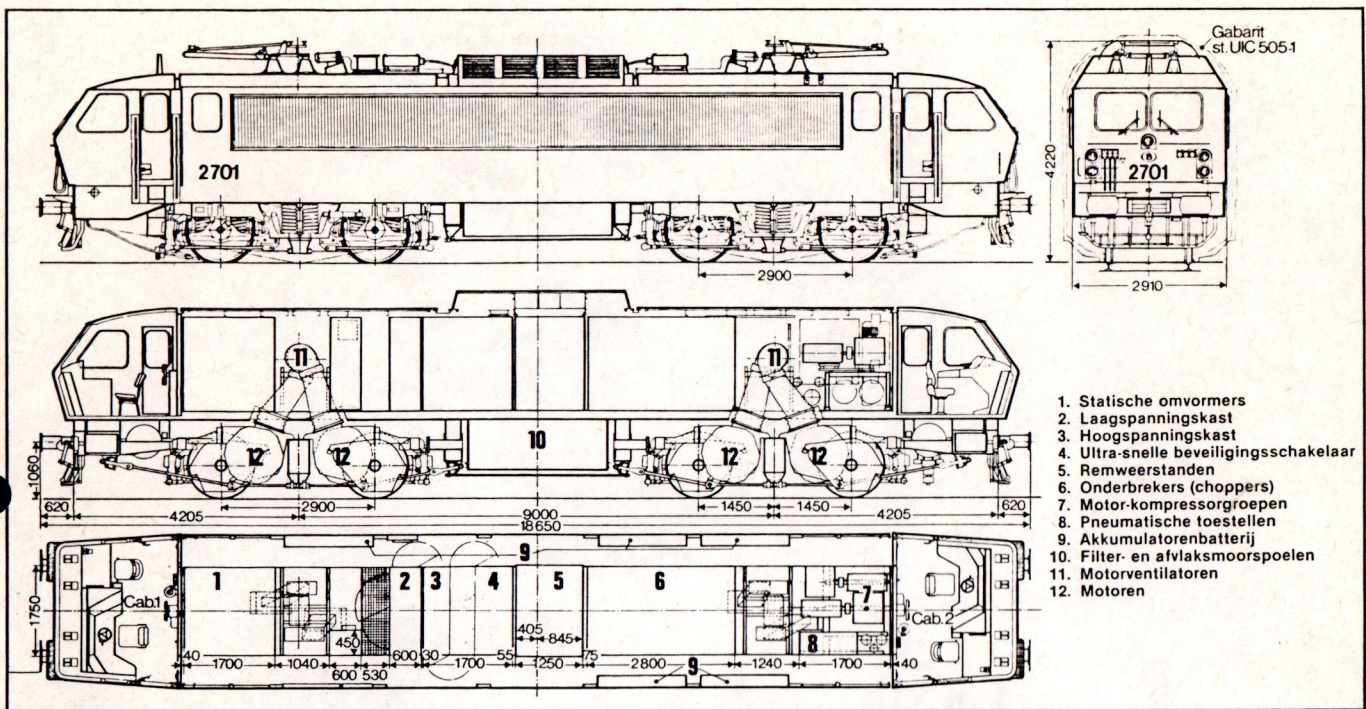
De primaire ophanging bestaat uit schroefvormige veren, opgesteld tussen het draaistelfreem en de asaandrijvingen, en hydraulische schokdempers.

— De remuitrustingen bestaan uit het automatisch systeem in combinatie met de weerstandsremming, de rechtstreekse rem, de antisliprem en de handrem.

Zij omvatten bovendien een ontgrendeluitrusting en een elektro-pneumatische bediening van de automatische rem van de rijstelen.

VERMOGENKRINGEN

De kracht-snelheidskarakteristieken bij tractie en bij remming worden op de figuur 3 afgebeeld.



1. Statische omvormers
2. Laagspanningskast
3. Hoogspanningskast
4. Ultra-snelle beveiligingsschakelaar
5. Remweerstand
6. Onderbrekers (choppers)
7. Motor-kompressor groepen
8. Pneumatische toestellen
9. Akkumulatorenbatterij
10. Filter- en afvlaksmoerspoelen
11. Motorventilatoren
12. Motoren

2. Algemene inrichting van de lokomotief.

Beschrijving van de vermogenkringen (zie figuur 4)

De motoriseringsuitrusting bestaat uit twee onderbrekers op een enkele ingangfilter geschakeld, gevormd door een smoerspoel SF en condensatoren C.

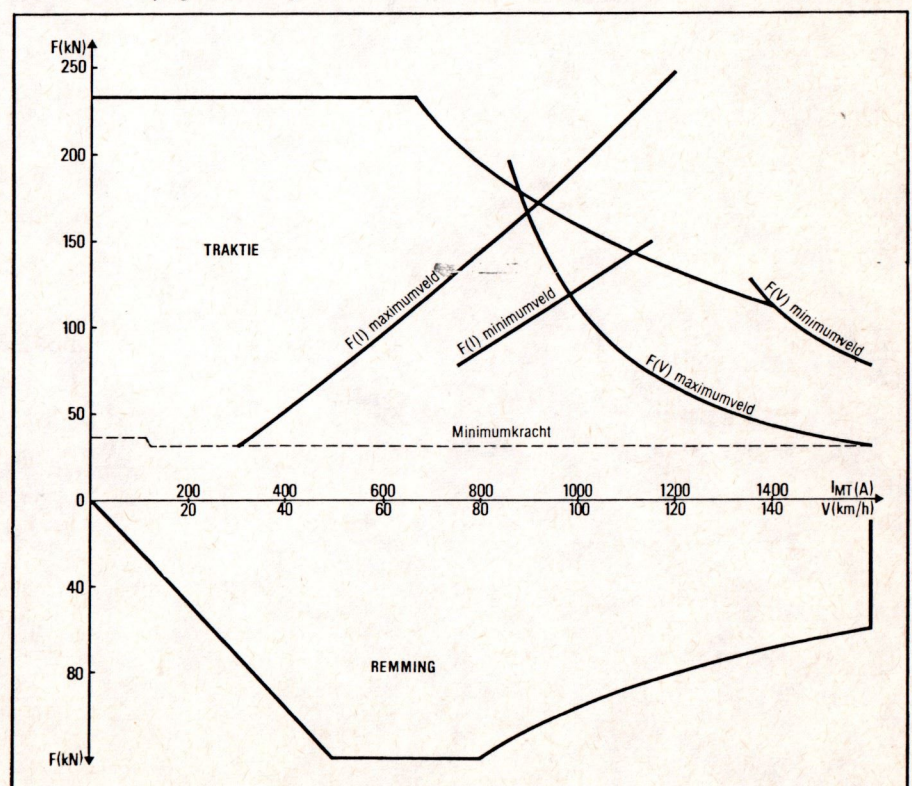
De ultra-snelle schakelaar DUR zorgt voor de algemene beveiliging van de motoriseringskringen (alook van de kringen van de statische omvormers en van de verwarming 3 kV). De onderbrekers zijn voornamelijk samengesteld uit de hoofdthyristoren Th 11 en Th 12, de doofthyristoren Th 21 en Th 22, de vernierthyristoren Th 31 en Th 32 en de vrijlooptioden D 11 en D 12. De uitgangstromen van de twee onderbrekers worden afgevlakt door de afvlaksmoerspoelen SL1 en SL2. Het omkeren van de rijrichting gebeurt door omschakeling van de veldwikkelingen van de traktiemotoren met behulp van een dubbele omkeerschakelaar met kipsysteem van het type IB 35.

Een veiligheidsinrichting (niet op het schema voorgesteld) zorgt voor de bescherming van het personeel door het aarden van de lijn op het dak en de condensatoren van de ingangfilter en door het kortsluiten van de doofcondensatoren van de onderbrekers en van de statische omvormers.

Voor tractie worden de motoren onder spanning gebracht tijdens de geleidingsperiode van de hoofd- en vernierthyristoren en gaat de stroom via de vrijlooptioden tijdens de blokkeerperiode van dezelfde thyristoren. Zelfs bij stilstand verkrijgt men door het verniersysteem een zwak koppel

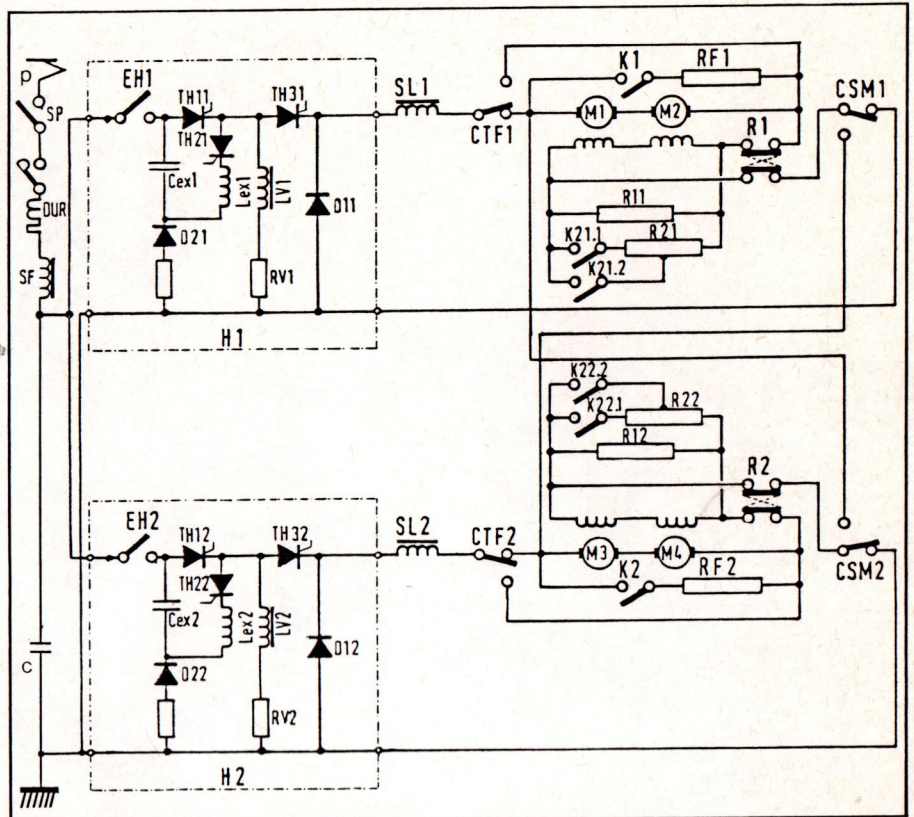
aan de motoren, zonder te moeten beroep doen op frequentieveranderingen die over het algemeen verboden zijn door de gestelde eisen van de seininrichtingen. Tijdens de periode van minimum geleiding van de hoofdthyristoren worden de vernierthyristoren gedurende een steeds toenemende tijd geleidbaar gemaakt. Hun

werking houdt op bij gelijke geleidingsduur van hoofd- en vernierthyristoren. De waarde van de trekkracht wordt door de stand van de stuurkruk bepaald. Het aanzetten gebeurt bij maximale veldsterkte tot de maximale cyclusverhouding van de onderbrekers verkregen wordt ofwel de maximale spanning aan de



3. Kracht-snelheidskarakteristieken bij tractie of bij remming.

C	Filterkondensator
Cex 1 en 2	Doofkondensatoren
CSM1 en 2	Omschakelaars voor serieschakeling van de motoren op één onderbreker
CTF1 en 2	Omkeerschakelaars traktie-remming
D11 en 12	Vrijlooptdioden
D21 en 22	Dempingsdioden van de doofkondensatoren
DUR	Ultra-snelle schakelaar
EH1 en 2	Uitschakelaars van de onderbrekers
H1 en H2	Onderbrekers
K1 en 2	Remmagneetschakelaars
K21 en 22	Shuntmagneetschakelaars
Lex 1 en 2	Doofsmoorspoelen
LV1 en 2	Smoorspoelen voor vernier-thyristoren
M1-M2	Motoren van het draaistel 1
M3-M4	Motoren van het draaistel 2
P	Pantograaf
R1 en 2	Omkeerschakelaars
R11 en 12	Permanente shuntweerstand
R21 en 22	Shuntweerstand
RF1 en 2	Remweerstand
RV1 en 2	Weerstanden voor vernier-thyristoren
SF	Filtersmoorspoel
SL1 en 2	Afvlaksmoorspoelen
SP	Pantograafschakelaar
TH11 en 12	Hoofdthyristoren
TH21 en 22	Doofthyristoren
TH31 en 32	Vernier-thyristoren



4. Principeschema van de vermogenkringen.

motorklemmen. Er kunnen dan nog twee krukstanden met verminderde veldsterkte ingesteld worden, steeds met een konstante klemspanning van de motoren. In geval van nood kan de treingleider tijdens het rijden een geheel "onderbreker-motoren-statische omvormer" uitschakelen. Indien de belasting van de trein het vereist kunnen de vier traktiemotoren eveneens op één van de twee onderbrekers in serie gekoppeld worden.

Tijdens de elektrische remming werken de motoren als generatoren met de bekrachtiging die door de onderbrekers geleverd wordt (vernierthyristoren) en waarbij de stroom in de remweerstand gestuurd wordt.

De remkracht wordt gedoseerd ofwel door de stand van de kruk van de manipulator voor de sturing ofwel door de waarde van de druk in de algemene remleiding.

HULPKRINGEN VOOR MIDDEN- EN LAAGSPANNING

De lokomotief is met twee GS/GS-omvormers uitgerust die op de ingangsfiler van de vermogenkringen aangesloten zijn. Deze omvormers werken met een veranderlijke frekwentie, afhankelijk van de waarde van de voedingsspanning. Elke omvormer voedt de GS-hulpkringen van de lokomotief via een transformator en twee gestuurde gelijkrichters. De twee GS-uitgangsspanningen 440 V en 110 V zijn

onderling en ten opzichte van de hoogspanning galvanisch gescheiden. De motoren voor koeling van de traktiemotoren, van de ingangs- en afvlaksmoorspoelen en ook de kompressormotoren zijn op het 440 V-net geschakeld. Deze groepen worden rechtstreeks met stroombegrenzing gestart door geleidelijke verhoging van de voedingsspanning. De GS-motoren van de thyristorventilatoren van de onderbrekers zijn op het 110 V-net geschakeld, samen met de batterijbelasting en de voeding van de bedieningskringen. Alle GS-belastingen 110 V van de lokomotief kunnen door de 110 V-uitgang van elke omvormer gevoed worden. In geval van een defekte omvormergroep wordt meestal de overeenstemmende onderbreker-motoren-uitrusting afgeschakeld. In noodgeval bestaat de mogelijkheid alle hulpkringen 440 V op de gebruikelijke omvormer over te schakelen.

ELEKTRONISCHE REGELINGEN

De vereenvoudigde blokschema's van de regelkringen bij traktie en bij remming worden op de figuren 5 en 6 weergegeven. De voornaamste functies van de regelkringen van de onderbrekers zijn :
 — behandeling van de metingen van net- en motorstromen
 — bedieningskringen van de ultra-snelle

schakelaar DUR in geval van overstroom of overspanningen van de motoren, doorsmelten van smeltveiligheden, gebrek aan ventilatie, oversnelheid enz. ; de elektronische sturingen grijpen in op de DUR op langzame (onderbreking van de houdspoel) en op snelle wijze (ultra-snelle uitschakelaar)

— bewaking van de spanningsverdeling op de hoofdthyristoren, de doofthyristoren en de vernierthyristoren

— verwerking van instelwaarden :
 • gekodeerde instelwaarden van motorspanning en van shuntinstelling uitgaande van de hoofdkruk van de stuurmanipulator

• instelwaarden van de remstroom uitgaande van de krachtkruk van de manipulator of van de uitrusting voor pneumatische remming

— behandeling van de snelheidsmetingen :

• voeding van de snelheidsvoelers, toezicht over het bestaan van de metingen, instelling van de snelheidsdrempels, bewaking tegen slippen en oversnelheid

• uitzending van snelheidssignalen naar de pneumatische reminstelling

— logische sturing van de onderbreker :

• kloksignaal op 150 Hz, synchronisatie van de twee onderling verbonden onderbrekers

• logische vergelijkingen voor sturing van de hoofd-, doof- en vernierthyristoren

— analoge sturing van de onderbreker :

• opmaking van de veranderlijken voor vergrendeling

- hellinggeneratoren, vergelijkings-eenheden, regelars van de ankerstroom bij traktie en van de bekrachtigingsstroom en de kracht bij remming
- spanningsbegrenzing op de motoren;
- sturing van de thyristortrekkers.

VOORNAAMSTE ONDERDELEN VAN DE ELEKTRISCHE UITRUSTING

Traktiemotoren type LE 921 S (figuur 7)

— Het veelhoekig motorhuis bestaat uit een gebladerde massa met platen van 1 mm en een uitwendige mantel van gewalst staal. Langs beide zijden zijn ruime mechanisch bewerkte pasruimten voorzien voor de lagerschilden van het anker, die de motoras dragen via een rollager. De kollektoruimte is door een afneembaar inspektiedeksel afgesloten, dat toegang geeft tot de borstelhouders voor nazicht van de borstels.

— De hoofd- en hulpvallen zijn vervaardigd van geklonken staalplaat. De poolwikkelingen worden uitgevoerd met elektrolytisch koper en worden t.o.v. de massa en tussen windingen geïsoleerd met "Nomex Mica" en glaszijdelinten. Na de plaatsing in het motorhuis ondergaan de gewikkelde polen een dubbele doordrenking met epoxyhars onder vacuüm en dan onder druk, telkens gevolgd door een polymerisatie in droogovens.

— Het anker bestaat uit magnetische platen met hoge permeabiliteit en zeer geringe verliezen.

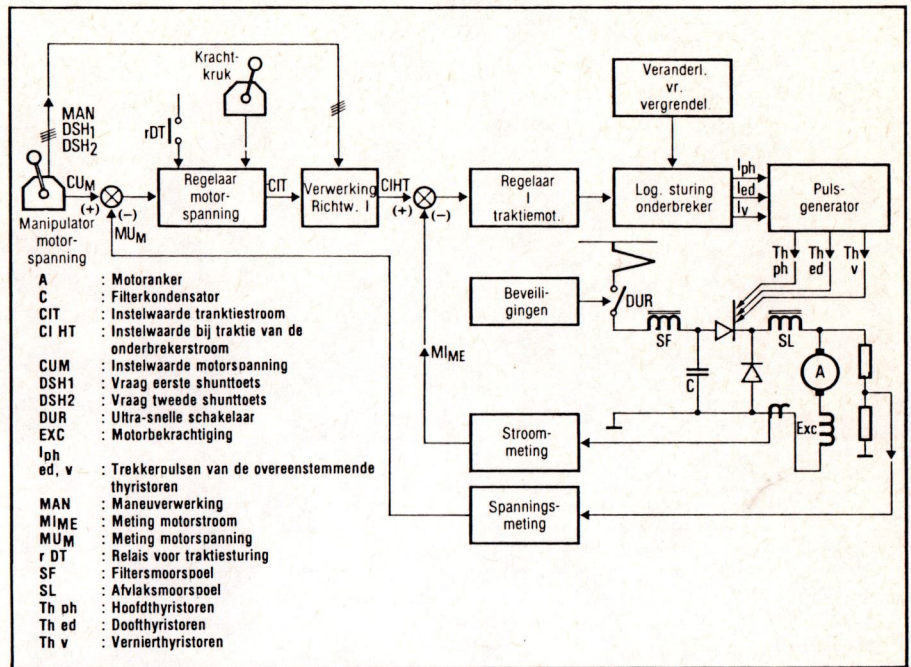
Dit platenpakket, samengebouwd met de drukschijf en de kollektormof, wordt warm op de motoras gemonteerd. Het platenpakket heeft ventilatieopeningen voor de koeling van het anker in langsrichting. De elektrische geleiders zijn met Kapton omwikkeld en de isolatie t.o.v. de massa gebeurt met Nomex Mica en glaszijde.

— De kollektor is van het type "Arch bound". De lamellen zijn gemaakt van een koper-zilverlegering en onderling geïsoleerd door micaniteplaten van het "traktietype".

— De verbinding van de ankerwinding met de kollektor gebeurt met TIG-soldeer (Tungsten Inert Gas).

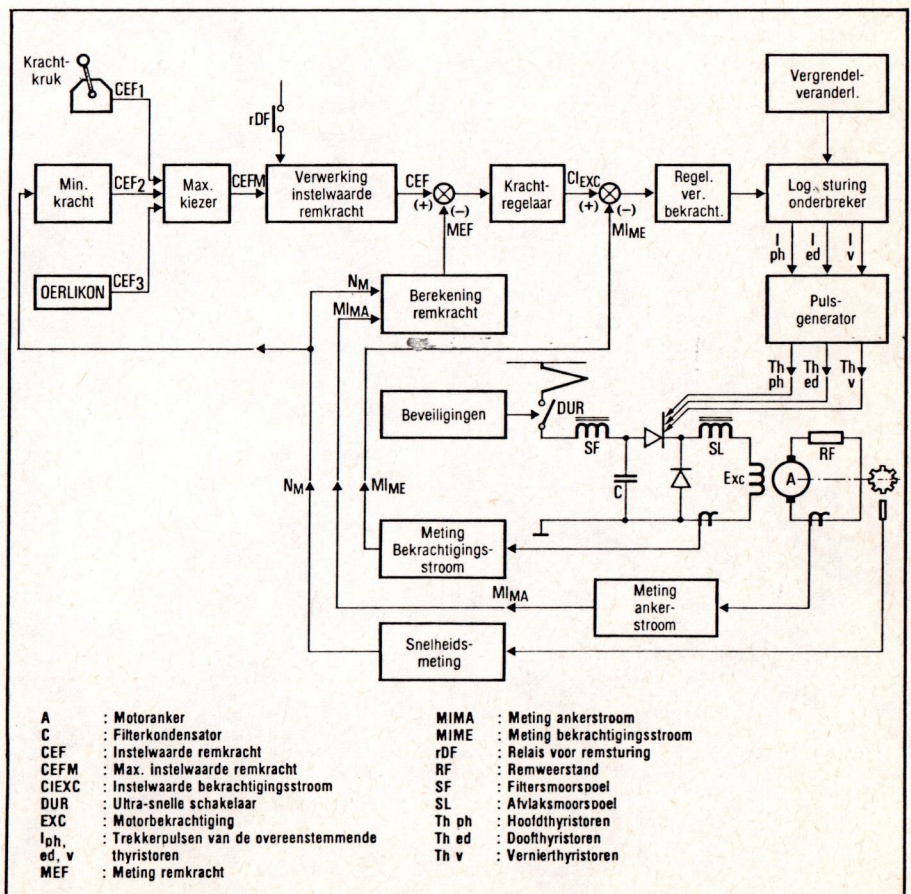
— De motoren zijn met gedwongen koeling, waarbij de lucht binnenkomt via een opening in het bovenste deel van de motor langs kollektorzijde en langs de andere zijde buitentreedt via openingen in het lagerschild.

- Aantal polen : 6
- Bekrachtiging : serie
- Nominale ankerspanning : 1250 V
- Isolatiespanning t.o.v. de massa : 3 kV
- Kontinubedrijf :
 - vermogen : 1045 kW
 - stroom : 875 A
 - snelheid : 1090 tr/min
 - koppel aan de as : 9155 Nm



5. Blockschema bij traktie.

6. Blockschema bij remming.



Onderbrekers (choppers)

— Voor de uitrustingen van de onderbrekers moet rekening gehouden worden met de door de NMBS gestelde eisen in verband met de signalisatiekringen voor het veilig rijden van twee lokomotieven op de netten van de NMBS, NS en CFL :

- de lokomotief T27 moet een niet capacitevieve impedantie hebben van minstens 3 ohm bij 50 Hz en minstens 0,8 ohm bij 75 Hz onder de meest ongunstige omstandigheden
- uitgaande van de veronderstelling dat er een spanning van 200 V - 300 Hz op de uitgangsklemmen van de onderstations bestaat, mag de totale effectieve waarde van alle harmonische stromen in de terugvoerleiding van de lokomotief 17 A niet overschrijden

- de lokomotief mag geen harmonischen verwekken voor frekwenties onder 55 Hz, noch voor frekwenties die begrepen zijn tussen 73 en 77 Hz en tussen 110 en 140 Hz.

— Voornaamste kenmerken :

Ingangsfiler	: inductantie :	10 mH voor een stroom van 1760 A;
	Kapaciteit :	3 mF.
Filter afgesteld 50 Hz	: inductantie :	10 mH;
	kapaciteit :	1 mF.
Afvlaksmoorspoel	: 10 mH voor een stroom van 1210 A.	

Per onderbreker :

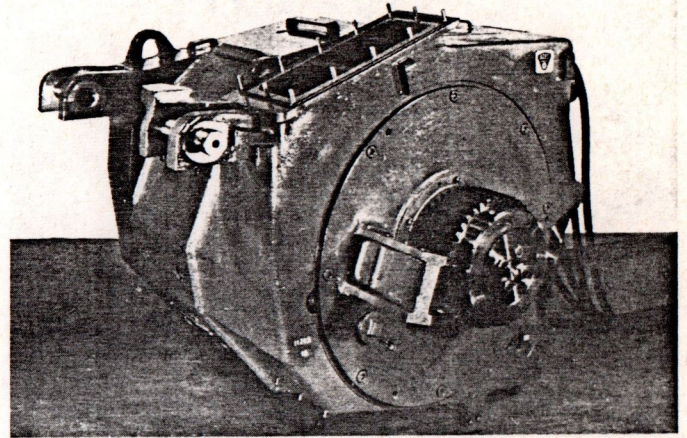
- uitgangsstroom : 1210 A;
- ingangsstroom : 850 A;
- onderbrekingsfrequentie : 150 Hz;
- 24 ACEC-thyristoren van het "schijf"-type.

— De onderbrekerskast bevat al de modules met halfgeleiders met hun motor-ventilatorgroepen voor de koeling, de smeltveiligheden, de smoorspoelen en condensatoren van de doofkringen, de di/dt smoorspoelen, de dempingskringen, de meet- en controlekringen voor de spanningsverdeling van de thyristoren en de elektronische regelkringen.

— De smoorspoelen van de ingangsfiler, de afvlaksmoorspoelen en de condensatoren van de ingangsfiler en de afgestemde 50 Hz-kring zijn in een bak gemonteerd, die onder het lokomotiefreem tussen de draaistellen opgesteld is.

Statische omvormers

In de 440 V en 110 V uitgangen kan elke omvormer 100 A leveren voor om het even welke waarde van de rijdraadspanning tussen de grenzen 1 tot 3,6 kV.



7. Motor LE 921 S.

De thyristoren van de omvormers worden ook door ACEC gefabriceerd. Voor de regelkringen worden geïntegreerde schakelingen C-Mos gebruikt, die samen met de andere onderdelen op "Europa"-kaarten aangebracht worden en in een uittrekbaar kastje van 19 duim gemonteerd worden.

Hoogspanningsapparatuur

Voor de afschakeling van de samengaande onderbrekers-motorenuitrustingen, de omschakelingen van tractie naar remming en de serieschakeling van de vier motoren op een onderbreker was men verplicht een nieuw toestel te ontwikkelen nl. de vergrendelbare scheidingsschakelaar SV 310, ontworpen voor een nominale spanning van 3000 V en een stroom van 1000 A.

Dit toestel met dubbele onderbreking heeft twee stabiele mechanisch vergrendelbare standen, zelfs in gevallen van uitvallen van de perslucht of van de bedieningsspanning. Het werkingsprincipe is gesteund op de verplaatsing van een dood punt door middel van een hefboomsysteem, bediend door een pneumatische vijzel met dubbele werking. Om aan alle uitvoeringsvereisten van de lokomotief te voldoen heeft men veertien toestellen SV 310 nodig.

Deze toestellen zijn in een kast gemonteerd die in het midden van het karkas van de lokomotief wordt opgesteld en waarin ook gemonteerd zijn : de ultra-snelle schakelaar DUR, de elektropneumatische schakelaars KP38, de elektromagneetschakelaars KM306, de differentieelrelais QD, de dubbele omkeerschakelaar van de rijzin IB35 met pneumatische bediening, de scheidingsschakelaars van de pantograaf, de hulpstoelsten van de 3 kV-kringen, het aardingstoestel, enz.

De remweerstand, met een vermogen van 2470 kW is uitgevoerd met weerstandselementen van gewikkeld metaal. De koeling wordt verwezenlijkt door schroefventilatoren, die een snelheid

hebben van ongeveer 4500 tr/min en die de koellucht opnemen in het karkas van de lokomotief en naar buiten stuwen via de kap op het centrale dak.

De elektronische kringen van de onderbrekers

De gebruikte geïntegreerde schakelingen zijn van het type C-Mos. De elektronische kastjes met de gedrukte schakelingen voor bediening en regeling van elke onderbreker worden in twee korven opgesteld die op elastische schokdempers geplaatst worden in een voorziene ruimte van de onderbrekerskast. Op de voorzijde zijn deze kastjes uitgerust met een blijvende signalisatie door lichtgevende dioden om de herstellingswerken te vergemakkelijken, de nodige meetpunten en koppelstukken voor de verbindingen met de algemene bedrading.

BESLUIT

De lokomotieven T27 zijn ontstaan door een zeer nauwe samenwerking tussen de NMBS, de divisies van ACEC en de mechanische constructeur.

Door het gebruik van de modernste technieken wordt de ACEC-traditie, sinds een eeuw op transportgebied verworven, steeds voortgezet.

Deze lokomotieven met een hoog prestatieniveau voldoen aan de eisen van de meeste buitenlandse 3 kV-netten.

J. VILLERS