

BESCHRIJVING VAN DE SEININRICHTING VAN DE LICHTE METRO VAN MANILA

De lichte metro van Manila werd verwezenlijkt door het Belgisch consortium ACEC - BN - TEI - TUC, in samenwerking met de Filipijnse aannemer PNCC. Naast de elektrische uitrusting van de rijkstroken werd ACEC in dit kader ook gelast met de uitvoering van de seininrichting, die in dit artikel wordt beschreven. Zij omvat de spoor- en relaischakelingen voor de verbinding tussen de voornaamste stations, de uitrusting van de eindstations, de installatie van de systemen voor snelheidscontrole en automatische stilstand, evenals de inbedrijfstelling.



1. Zicht van de installatie.

INLEIDING

Manila heeft tien jaar geleden besloten de stad te voorzien van een modern openbaar stadsvervoersysteem om de doorstroming van het drukke verkeer vlotter te maken. Deze stad telt immers ongeveer acht miljoen inwoners die zich in hoofdzaak verplaatsen met de ca. 300 bussen, 30 000 «jeepneus» of taxi's, over een oppervlakte van 400 km². Op 1 november 1980 werd een kontrakt ondertekend tussen het Filipijns Ministerie voor Openbaar Vervoer en de vereniging voor de lichte metro van Manila, met als vennoten, het Belgisch consortium ACEC - BN - TEI - TUC en de maatschappij PNCC (Philippine National Construction Corporation). Deze overeenkomst had tot doel de bedrijfsklare levering en de inbedrijfstelling van een licht metronet van 14,5 km, met 18 stations, 64 rijkstroken en een stelplaats. In het kader van deze overeenkomst werd ACEC gelast met enerzijds, de zaakvoering van het projekt en van het commercieel aspect in zijn hoedanigheid van leader van de vereniging en van het consortium en met anderzijds, de studie, de levering en de inbedrijfstelling van de seininrichting, van het snelheidskontrolesysteem, van de elektrische uitrusting van de rijkstroken en van de gelijkrichteraggregaten van de onderstations, in zijn hoedanigheid van consortiumvennoot. In dit artikel worden de seininrichting en het snelheidskontrolesysteem omschreven die ten laste vielen van de ACEC afdeling «Vervoersystemen».

De lezer die een uitvoerige beschrijving van de rijkstroken wenst, wordt verwezen naar het artikel dat verschenen is in het vorig ACEC-tijdschrift^[1].

SEININRICHTINGSPRINCIPES

De opgestelde seininrichting bestaat uit een niet permissief automatisch blok met twee lichtstanden en een bufferbaanvak. De twee configuraties (rood/groen) worden aangevuld door snelheidsaanwijsborden en door een onfeilbaar snelheids- en automatische stilstandsbedieningssysteem. De drie hoofdstations zijn allen uitgerust met seinhuizen voorzien van beveiligingsrelais voor blokkering en sturing van het spoorverkeer. Deze seinhuizen worden bediend en gecontroleerd vanuit een bedieningspaneel en een synoptisch bord. Dit systeem werd ontworpen voor metrostellen van 60 m met een maximale snelheid van 60 km/h, die elkaar theoretisch kunnen opvolgen met een tussenpoos van minimum 80 seconden.

AUTOMATISCH BLOK

Beschrijving

Het gaat hier om een klassiek scheidings-systeem van treinen op volle snelheid, waarbij er, als extra beveiliging, een bufferzone systematisch voorzien is. Het principe van het bufferbaanvak impliceert dat elke trein beveiligd wordt door «rood - rood - groen»-sekwens van de over de volledige afstand opgestelde lichtseinen. De lengte van de baanvakken werd zodanig berekend dat alle treinen die door een rood licht rijden, zelfs op de maximale plaatselijk toegelaten snelheid, dank zij een noodremming, in tijds tot stilstand kunnen gebracht worden. Elke trein die dus door een rood licht rijdt, zal gestopt worden vóór de volgende (eveneens rode) lichten die de vorige, reeds voorbereide trein, beschermen. Het aantal lichtseinen per tussenstation hangt af van de lengte van het station en van de minimale tijd die tussen twee treinen theoretisch moet geëerbiedigd worden. Bij de metro van Manila zijn er in het algemeen, naast de perronlichten, nog twee bijkomende tussenlichtseinen voorzien. Deze seinen worden door een in het station opgestelde relaiskast gestuurd. Het gaat hier aldus om een gecentraliseerde bedieningslogika. Elk relaiseenheden controleert de seinen van alle rondom het station opgestelde halve tussenstations. De logische relaisschakeling ontvangt informatie betreffende de treinen-

lokalisering, via naadloze spoorketens die de baanvakken volledig onder controle hebben. De logische schakeling zelf bestaat uit diverse beveiligingsrelais (klasse I) en het postrelais (klasse II), die verder beschreven worden (fig. 2).

De seininrichting omvat een standaarddoos met twee lichteenheden met een diameter van 120 mm en eventueel een snelheid- of richtingsaanwijzer. Ze zijn verstelbaar in de drie asrichtingen en kunnen gezien worden vanop een rechthoekige afstand van 600 m, dank zij een lamp van 40 V - 20 W die gekoppeld is met een optische uitrusting voorzien voor een horizontale afwijking van 20 graden.

Elke sein wordt voorafgegaan door een baken voor automatisch stilstand dat, bij stilstand of bij het voorbijsnellen van de trein, door de relaislogika bediend wordt in functie van de seinconfiguratie.

Spoorketens

Er werden hier naadloze spoorketens aangewend, van het type CVJM, met trapsgewijze reeksrekenties. Met dergelijke spoorketens moeten de rails, bij de eventuele splitsing van het spoor, niet worden gesectioneerd en wordt hierdoor het gebruik van pakkingsringen, die toch maar altijd mechanisch zwak zijn, overbodig. De verschillende ketens worden door een elektrische filtrering gescheiden, volgens een techniek die beproefd werd in onze Brusselse metroinrichting.

Elke spoorketen bestaat uit:

- een zender die een sinusvormige spanning verwerkt met een frequentie van 13, 18 of 23 kHz, die via een spoofilter de rail voedt;
- een «gestabiliseerde voedings»-blok, gevoed met een spanning van 220 V afkomstig van de langs de spoorweg opgestelde voedingskabel;
- een selectieve spoofilter die de frequenties van de naburige spoorketens tegenhoudt en integendeel de frequentie van de bedoelde spoorketen doorlaat;
- een ontvanger bestaande uit een selectieve versterker met drempel die, terwijl er geen trein is, de relaislogika voedt met een spanning van 24 Vg.

De drie frequenties volgen elkaar langs het spoor op in de volgorde 13 - 18 - 23 kHz. Bij bijzondere spoorkonfiguraties kan een keten van 28 kHz tussen de drie andere frequenties eventueel ingelast worden, zoals bijvoorbeeld in de wisselzones.

Het unitair bereik van deze ketens bedraagt maximum 150 meter. Dit beperkt bereik is te wijten aan de aanwending van hoge frequenties die anderzijds sterk geïmuneerd zijn tegen de storingen die door de choppers van de rijtuigen worden verwerkt.

De langere baanvakken staan onder controle van meerdere in kaskade opgestelde spoorketens waarvan de zenders gevoed worden door de ontvangposten van de dicht-opgestelde ketens.

Relais

• Beveiligingsrelais

Deze relais zijn speciaal bestemd voor de niet controleerbare functies, zoals:

- spoorketenfunctie;

— lichtbedieningsfunctie;

— snelheidscontrolefunctie.

Door de zwaartekracht in het tegenkoppel van het losse anker van een dergelijk relais staat het formeel vast dat bij het minste defect in de relaisvoeding of -werking, de «werk»-kontakten van het relais zullen opengaan en dat hierdoor de uitrustingen perfect beveiligd zijn. Anderzijds, door de wijze waarop deze relais opgevat zijn, kan het anker in de neutrale zone onmogelijk in evenwicht blijven. Deze relais zijn voorzien van autonome kontakten met dubbele pennen vervaardigd uit een niet lasbare metaallegering. Hun magnetische kern is gemaakt uit een speciale legering met een zeer zwak weerstandsveld. Hun korrekte werking wordt gegarandeerd binnen een temperatuurgebied van — 25 tot + 70 °C. De beveiligingsrelais zijn uitneembaar. Zij zijn opgesteld op metalen standaard steunplaten voorzien van konnektoren en kunnen op die manier, van zodra ze ingestoken zijn, ook mechanisch gegrendeld worden. Zij zijn van hetzelfde formaat als de NSI relais waarmee zij trouwens perfect kunnen omgewisseld worden.

• Postrelais (RUSz)

Het hoofdkenmerk van deze relais is de solidariteit van hun kontakten. Hierdoor kan men bij voorbeeld garanderen dat, wanneer een willekeurig NO-kontakt van een relais gesloten is, geen enkel ander NG-kontakt van dit relais op hetzelfde moment gesloten zal zijn. Door het feit dat bij een dergelijke configuratie, de reële stand van één van de hulpkontakten van het relais steeds kan worden veranderd, kan men met zekerheid stellen dat het RUSz relais niet plots in bekrachtigde toestand mechanisch geklemd is. Deze relais zijn voorzien van kontakten met dubbele kontaktpennen waarvan de roestvrije zilverlegering (zilver — palladium) zeer moeilijk te lassen is omwille van het hoge smeltpunt van het palladium.

De simultane organisatie van gelijkaardige kontakten is onfeilbaar.

De RUSz relais bestaan in drie versies:

— met 8 kontakten: 4 NO - 4 NG

— met 16 kontakten: 8 NO - 8 NG

— met 24 kontakten: 12 NO - 12 NG

Dank zij de gemakkelijke omschakeling van een NO-kontakt in een NG-kontakt en omgekeerd kan het aantal aangepast worden aan de opstellingseisen van het schema. Bovendien kunnen deze relais voorzien zijn van «overlappende» kontakten (make before break).

Naast de normale relais zijn er ook nog meer gespecialiseerde relaistypes:

- relais met twee of drie wikkelingen (aantrekking-handhaving, versneld afvallen door tegenstroom, aantrekking-aantrekking);
- tijdelais waarvan de werking vertraagd wordt door een koperen omhulsel dat de magnetische kern afschermt;
- tijdelais waarvan het afvallen of de bekrachtiging uitgesteld wordt door elektronische schakelingen.

• Relaiskasten (figuur 2)

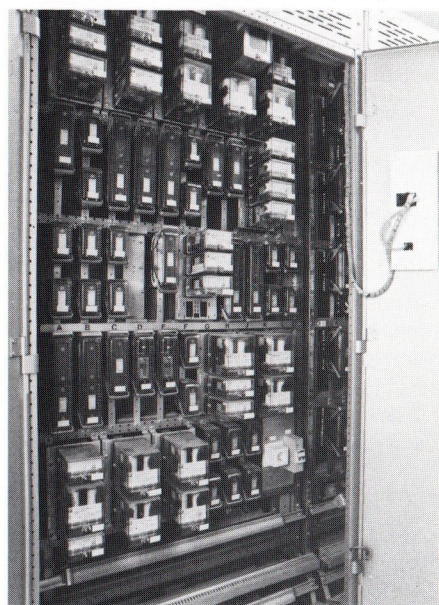
De relais en andere componenten zoals instelmecanismen, weerstanden, condensatoren, dioden, logische snelheidscontroleschakelingen, enz. opgesteld op een steunplaat voorzien van de nodige mechanische

standaardaansluitstukken.

De uitschakelbare klemmenborden met de uitwendige bedrading voor het tussenvlak zijn samen met de smeltveiligheden onderaan in de kast opgesteld. De bedrading van de diverse elementen gebeurt met kabelschoenen van het type fast-on.

De steunplaten worden al dan niet in een kast geplaatst en zijn uitgerust met konnektoren, bestemd voor de verbinding van de aangrenzende steunplaten door middel van geprefabriceerde kabels.

De steunplaten worden al dan niet in een kast geplaatst en zijn uitgerust met konnektoren,



2. Kast met de logische relaischakeling.

bestemd voor de verbinding van de aangrenzende steunplaten door middel van geprefabriceerde kabels.

Tenslotte beschikt elke steunplaat of kast over een bord met LED dioden, bestemd voor de toestandsvisualisering van de verwerkte hoofdvariabelen.

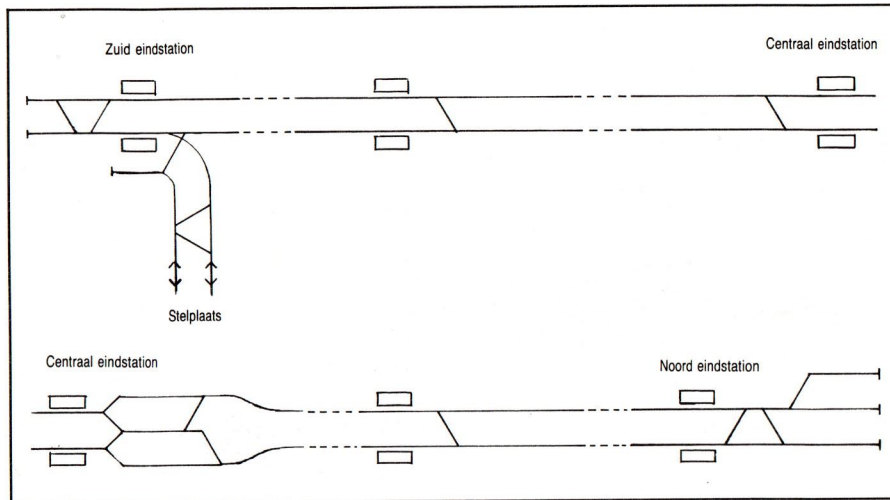
STATIONS MET OVERGANGSWISSEL

Halverwege tussen de hoofdstations (figuur 3) heeft men tussen de twee sporen een overgangswissel voorzien zodat, bij ongeval, de treinen kunnen terugkeren zonder de toegang tot de eindstations te belemmeren.

Deze overgangswissels worden door het bedrijfs personeel plaatselijk gestuurd vanuit een eenvoudig bedieningspaneel dat verbonden is met de logika van het meest naburige station. Dank zij de speciale langs dit spoor opgestelde seininrichting, kunnen de treinen veilig manoeuvreren onder tussenkomst van de operator.

EINDSTATIONS Bedrijf

Het huidige net omvat drie eindstations: twee eindebaanstations waar de treinen terugkeren als ze het volledig parcours afgelegd hebben en een tussenstation met een mediaan opslagspoor dat als eindstation kan dienen voor de treinen die niet het volledig parcours



3. Netconfiguratie.

afleggen. Een van de eindebaanstations dient ook als verbinding met de stelplaats voor het veilig in omloop brengen of intrekken van rijdertuigen in functie van de verkeerseisen. Elk eindstation beschikt over drie uithaalsporen waarvan één bestemd is voor de reservetrein. Het bedrijfsprogramma is volledig en voorziet de volgende functies:

- het uitstippelen van eenvoudige itineraria en de automatische vernietiging door het treinparcours dank zij een railkontakt (zie volgend paragraaf) dat elke voorbijssnellende trein vaststelt;
- het uitstippelen van complexe itineraria, m.a.w. van een reeks opeenvolgende eenvoudige itineraria die overeenstemmen met de volledige doorrit van het station door middel van één enkele bediening;
- cyclussen, m.a.w. een reeks eenvoudige itineraria die elkaar in een gegeven volgorde opvolgen en die verder kunnen verlopen zonder tussenkomst van de operator; deze cyclussen dekken de gebruikelijke bedrijfsconfiguraties zodanig dat de rol van de operator zich beperkt tot een louter toezicht;
- de mogelijkheid om later, via een afstandsbestuur, het geheel vanop afstand te bedienen;
- individuele bedieningsmogelijkheid van de wissels met eventuele stillegging voor een speciale beweging die niet in het normaal bedrijfsprogramma voorkomt;
- het op rood stellen van de noodseinen.

Logische relaischakeling en voeding

In deze drie stations in de relaislogika eveneens gecentraliseerd. Ze bestaat hier uit gemengde seinhuizen met beveiligingsrelais, uit gestuurde postrelais en uit logika's beschikkende over de nodige magneto-statische beveiligingselementen voor de snelheidscontrolefuncties. De volledige logische schakeling bestaat dus uit uitneembare elementen die het onderhoud gemakkelijker maken. De logische relaischakeling en de spooruitrustingen worden gevoed door een stel van drie spanningskasten ook voorzien van batterijen voor in geval van nood.

- 24 Vgs voor de relaischakeling, de overbrenging spoorlokomotief en de visualiserings-elementen van het synoptisch bord;

- 138 Vgs voor de relaischakeling, de overbrenging spoorlokomotief en de visualiserings-elementen van het synoptisch bord;
- 40 Vws voor de seinen;
- 220 Vws voor de spoorketens (via een gelijkstroom-wisselstroomomzetter).

Bedieningspaneel en synoptisch bord (figuur 4)

De stations worden bediend vanuit een paneel waarop alle lichtdrukknoppen voor herkomst-bestemming van de itinaria alsook de bedieningsknoppen voor cyclussen en complexe itinaria opgesteld zijn. De visualisering van het verkeer gebeurt op een synoptisch bord, bestaande uit blokjes die het tracé van het net voorstellen en waarop de bezetting van de baanvakken, de stand van de wissels, het aspect van de seinen en het voorbijssnellen van de treinen door verklikkerlichten worden aangegeven.

Railkontakt

Om de functie «vaststelling voorbijssnellende trein» te verwezenlijken, moet men beschikken

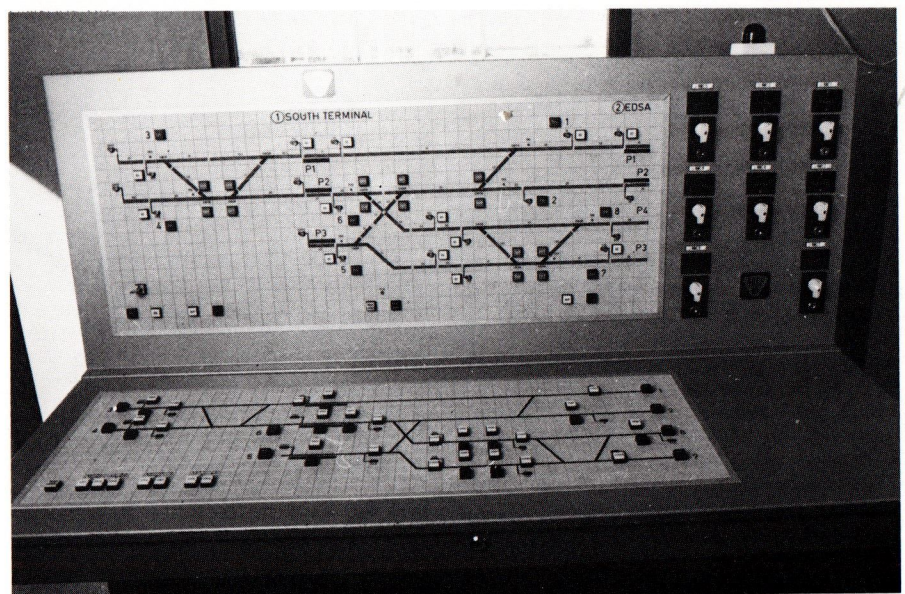
over een toestel dat niet afhangt van de spoorketen en dat een as onfeilbaar kan opsporen. Daarvoor gebruiken wij een elektronisch railkontakt dat onder de railschoen is opgesteld en aan de bovenkant met een klamp is bevestigd.

Een beweegbare zuiger, in kontakt met de railschoen, draagt de belasting van een voorbijgaande as over naar een piëzokwarts. De bij de kwartsklemmen resulterende spanning wordt dan versterkt en verwerkt door een in het toestel zelf opgestelde elektronische schakeling. Deze schakeling is voorzien van een speciale filter zodat de railkontakten niet zullen reageren op stringsbelastingen zoals trillingen of hamerslagen. Dank zij deze elektronische schakeling kan een in het station opgestelde relais momenteel bekrachtigd worden.

Wisseltongtoestel

Het wisseltongtoestel voert de volgende functies uit:

- de vanuit de relaispost bediende verplaatsing van de wisseltongen;
 - bediening van de eindstand van de tongen t.o.v. de tegenrail.
- Het wiegvormig toestel is in gietijzer en afgedekt met een deksel uit een lichtmetaallegering. Dit toestel omvat:
- een standaardmotor gevoed met een nominale gelijkspanning van 120 Vgs;
 - een met de motor gekoppelde bedieningsblok bestemd voor de aanloop van het toestel;
 - een bedieningsstang die via een staaf met de wisseltongen verbonden is;
 - twee schuifhandels die met de bedieningsstangen van de wisseltongen verbonden zijn;
 - twee stuurhandels met elektrische bedieningskontakten;
 - een motoruitschakelaar;
 - een bedieningsmechanisme met draaikruk.
- Bij dergelijk toestel met ingebouwd sturings-eenheid zijn controletoestellen voor piekwaarden overbodig en kan de verbinding met de logische relaischakeling met een eenvoudige vieraderige kabel verwezenlijkt worden.



4. Synoptisch bord en bedieningspaneel.

De mechanische grendeling van de wisseltongen bestaat uit een blokkeermechanisme met haken.

SNELHEIDS- EN AUTOMATISCHE STILSTANDBEDIENINGSSYSTEEM

De snelheid van de treinen op de uithaalsporen en bij het binnenrijden van het station wordt zeer streng gecontroleerd. De opstelling van seinen en het invoeren van deze snelheidscontrolezones garanderen de noodstilstand van een trein vóór alle gevaarlijke punten (wissels, einde spoor). Door de opstelling van een bakken voor automatische stilstand bij elk sein, heeft men dan ook de zekerheid dat de treinen de lichtseinkonfiguratie zullen eerbiedigen. Deze twee functies worden uitgevoerd door hetzelfde onfeilbaar spoor-lokomotief overdrachtsysteem.

— Elke trein is uitgerust met een elektromagnetische opvanger, opgesteld onder een steunbogje en verbonden met een bedieningsdoos voor automatische remming. Deze opvanger/doos-eenheid vormt een lus waarop een sein op een frequentie van 75 kHz ingevoerd wordt. De elektronische doos is voorzien van een filter gevolgd door een veiligheidsgeheugen voor de identificering van de frequentie 75 kHz, ook «permanente» frequentie genoemd.

Als er geen spoorbakken is, zal de trikring — bestaande uit een breedbandversterker en een reactiekring via de twee wikkelingen met zwakke koppeling van de opvanger — een sein invoeren op een frequentie van 75 kHz. Door dit sein zal het veiligheidsgeheugen of geheugen voor automatische stilstand bekrachtigd blijven.

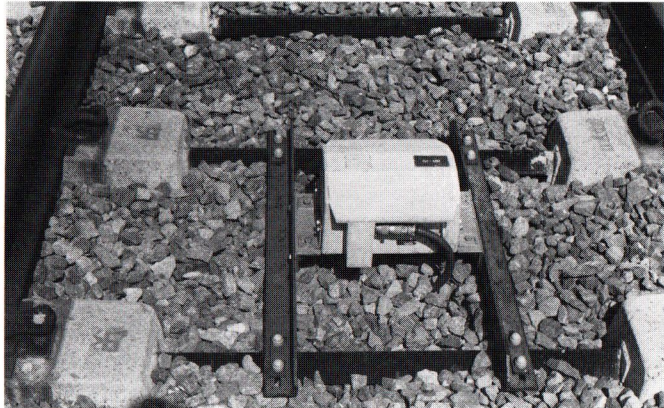
De op de sporen opgestelde bakens (figuur 5) zijn elektromagnetische resonantie-eenheden die op twee verschillende frequenties kunnen worden afgestemd, naargelang de logische relaïsschakeling al dan niet een bedieningssein uitzendt. Deze frequenties stemmen overeen met de permanente frequentie en met de stilstandsfrequentie, m.a.w. 80,1 kHz.

— Als de treinantenne (opvanger) voorbij een bakken komt, wordt de reactiekring in dit geval gevormd door het bakken en op dezelfde frequentie als dat van het bakken. Bij een frequentie van 75 kHz zal de elektronische doos geen wijzigingen ondergaan en zal zij de permanente frequentie blijven herkennen. Als integendeel de bakkenfrequentie overeenstemt met de stilstandsfrequentie, zal het veiligheidsgeheugen niet meer bekrachtigd worden en zal hierdoor de noodremming van de trein onmiddellijk worden verwerkt door de rechtstreekse werking van de relaïskontakten die, in de twee noodlussen van het voertuig, met het geheugen verbonden zijn.

Het is slechts bij volledige stilstand van de trein dat dit geheugen opnieuw zal kunnen bekrachtigd worden en de trein opnieuw zal laten vertrekken.

— Wat de snelheidscontrole betreft, deze wordt verkregen door vergelijking van de reële tijd die de trein doet over de afstand tussen twee op de grond opgestelde bakens

5. Bakken voor automatische stilstand.



en de theoretische tijd die overeenstemt met de maximale snelheid die door de langs het spoor voorziene seinrichting toegelaten wordt.

Het eerste bakken, van een speciaal type, geeft bericht aan de logische vergelijkingsschakeling dat de trein op veilig voorbijgereden heeft; hierdoor wordt een tijdschakelaar ingeschakeld en ontvangt het tweede bakken een stilstandinstructie. Het is slechts na verloop van de ingeschakelde tijd dat een tweede bakken de trein eventueel doorlaat.

Bij overdreven snelheid worden de treinen door het tweede, op dat moment op de stilstandsfrequentie afgestemd bakken gestopt.

KWALITEITSKONTROLE

Het volledig aangewend materiaal alsook de plaatselijke verwerkingen ondergingen een extra kwaliteitscontrole.

Reeds bij de studie van het systeem en van de componenten hebben wij een bijzondere aandacht besteden aan de keuze van de materialen opdat deze zouden kunnen voldoen aan de specifieke Filipijnse en dus tropische temperatuur- en vochtigheidskriteria (galvanische koppels, schimmelvorming, lucht met een sterk zoutgehalte,...).

Alle uitrustingen werden in de fabriek streng uitgetest, zowel op het niveau van het prototype als van de reeksproductie waarvan de weerstand op lang termijn werd geproefd in ovens, in hun werkelijke omgeving, enz. Gedurende de opstellingsfase was er een ACEC-team ter plaatse aanwezig om het werk van onze partner P.N.C.C. te oriënteren en in laatste instantie te controleren.

Tenslotte werden alle logische relaïsschakelkasten eerst in de fabriek getest op een bank die spoorvariabelen simuleerde en vervolgens ter plaatse, in hun werkelijke omgeving. Met deze testen heeft men de perfecte werking van de logische eenheid en de bedrijfszekerheid van de spooruitrustingen kunnen vaststellen.

COMMERCIELE INBEDRIJFSTELLING

Na een proefperiode van een maand zonder passagiers werd de eerste helft van de lijn in december 1984 voor het publiek geopend.

Van in het begin werd de verwezenlijking bekroond met een enorm succes dat nog toenam bij de opening van de tweede deelnet in mei 1985. Deze openbare metro wordt vandaag door een gemiddelde van 250 000 passagiers per dag genomen.

De woensdag, dag van de religieuze feestelijkheden, zijn er meer dan 360 000 passagiers.

De metrotreinen volgen gewoonlijk elkaar op om de drie minuten. Deze tussenpoos wordt herleid tot twee en een halve minuut gedurende de spitsuren.

Het systeem wordt beheerd door Filipijnen, gedurende het eerste bedrijfsjaar, geadviseerd worden door een Belgische begeleidingsteam om de vorming, die zij hetzij in België, hetzij ter plaatse kregen, te kunnen aanvullen.

De toekomstige uitbater werd immers van bij de opbouw en de inbedrijfstelling van de installatie betrokken bij de werken om zich vertrouwd te maken met het vervoerssysteem. De opleiding van het Filipijns personeel ging zowel over de installatie van de uitrustingen en hun onderhoud als over de juiste bedrijfspraktijken.

BESLUIT

Dit project is een enorm succes geweest voor de Belgische industrie in de Filipijnen.

Het was ook het resultaat van een vruchtbare samenwerking tussen het Belgisch consortium en onze Filipijnse partner P.N.C.C. die gelast was met het opstellen van de elektro-mechanische uitrustingen en met de algemene bouwwerken.

De vereniging voor de lichte metro van Manila heeft niet alleen het project binnen het vooropgesteld termijn afgehandeld maar zal ook aan de klant een systeem overhandigd hebben waarvan de prestaties bewezen hebben dat het volledig beantwoordt aan de kontraktuele voorschriften.

Tenslotte zal de lichte metro van Manila een uitstekende referentie zijn voor ACEC in zijn hoedanigheid van uitvoerder van openbare vervoerssystemen.

Y. DELMOTTE

Bibliografie:

[1] F. CAVENAILLE: «Elektrische uitrusting van de rijklijn van de lichte metro van Manila». ACEC-Tijdschrift 1-86.