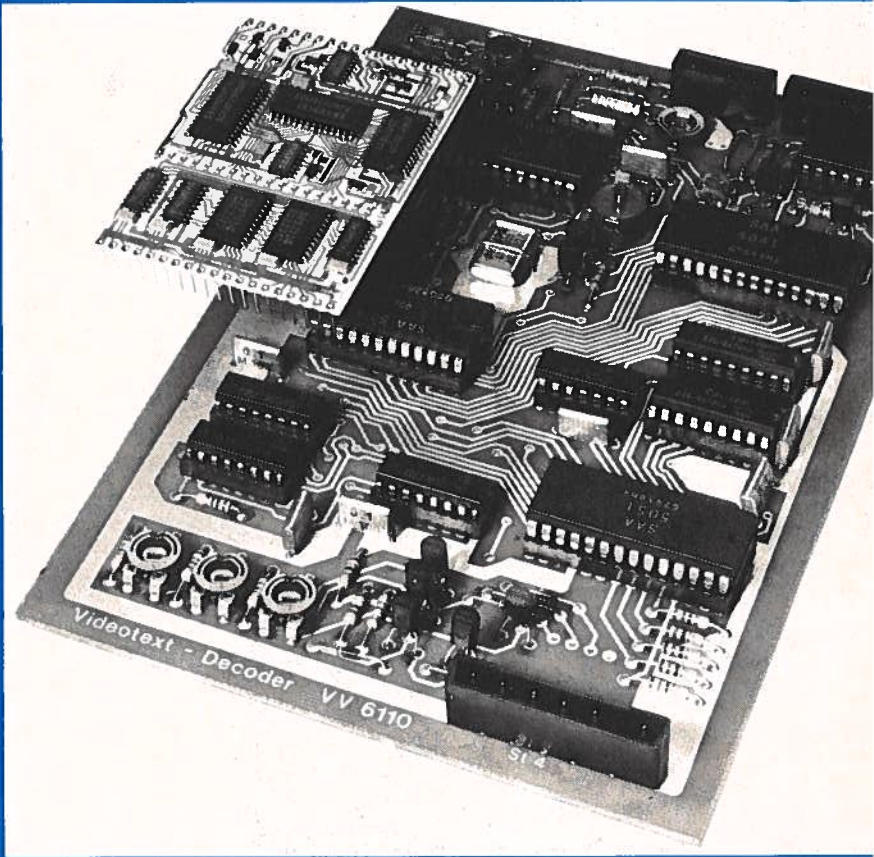


In dit nummer o.a.:
De openbare telefooncentrale 5ESS/PRX
De elektromagnetisch puls

Nr. 8, 41e jaargang augustus 1986

technische informatie voor ptt medewerkers



Oppervlaktemontage leidt tot een
aanzienlijke verkleining van de
schakelingen

ptt



technische informatie voor ptt medewerkers

uitgave AbvaKabo en CFO.
redactie Hoofdred. Drs. C. Vader, Red. P. J. Boomgaard, ing. B. Kieboom.
redactiesecr. R. Scholma, Oude Kerkweg 12, 2355 AV Hoogmade, tel. 01712 - 81 98
redactie 070 - 43 67 35.
corr.-adres PTT Centrale Directie, DBI/Studieblad ptt, AB 6032
postbus 30 000, 2500 GA 's-Gravenhage.
administratie AbvaKabo, Bredewater 16, 2715 CA Zoetermeer, giro 4073, tel. 079 - 53 62 68,
voor verzending, administratie e.d.
abonnement f 18,- per jaar. Voor niet-PTT-ers f 30,- per jaar. Verschijnt maandelijks.
advertenties Uitgeverij en Drukkerij Smits B.V., Westeinde 135, 2512 GW Den Haag,
telefoon 070 - 89 53 90.

Inhoudsopgave

De openbare telefooncentrale 5ESS-PRX (Ing. H. Dekker) blz. 273

In het laatste deel van dit artikel worden de telefoonfaciliteiten en mogelijkheden van dit systeem beschreven. Door plaatsgebrek kon voor de verkortingenlijst geen ruimte worden gevonden, deze zal in een volgend nummer worden bijgevoegd.

De ElektroMagnetische Puls (Ing. K. K. Keimpema) blz. 282

Ing. Keimpema, werkzaam bij de Dienst Bedrijfs Veiligheid (DBV) beschrijft op verantwoorde wijze de gevolgen van de EMP voor communicatie-apparatuur. Tevens blijkt dat onderzoek naar afdoende oplossingen inzicht geeft in verbetering van bliksembeveiligingsinstallaties.

Digitale schakeltechniek (Drs. C. Vader) blz. 290

Reeds veel beschreven maar toch iedere keer weer boeiend, speciaal voor hen die het komende winterseizoen een cursus hierover gaan volgen.

Oppervlaktmontage blz. 296

Nieuwe ontwikkelingen in de montagetechniek waar een ieder die met elektronica iets te maken heeft is, of wordt geconfronteerd.

„De oplossing was eigenlijk heel simpel” blz. 303

Communicatief uitgave CWP.

De openbare telefooncentrale 5ESS-PRX (slot)

Ing. H. Dekker
Vervolg van blz. 246

Telefoonfaciliteiten en mogelijkheden

Het systeem 5ESS-PRX biedt een breed scala mogelijkheden, zowel wat betreft abonneediensten als signaleringsmogelijkheden.

Abonneediensten

Onderstaand zijn enige voorbeelden beschreven van het standaard dienstenpakket en aanvullende abonneediensten waarin het systeem 5ESS-PRX voorziet. Over de onderstaand beschreven mogelijkheden moet uitdrukkelijk worden opgemerkt, dat de invoering ervan niet gelijktijdig plaatsvindt met de indienststelling van het systeem.

Standaarddiensten

- Aansluiting van bedrijfstelefooninstallaties met doorkiezen en diverse vrije lijn zoekmethoden.
- Blokkering van lijnen of gesprekken. Een systeem 5ESS-PRX kan bepaalde oproepen naar en van een telefoonlijn tegenhouden. Ook bestaat de mogelijkheid alle binnenkomende oproepen te weigeren, terwijl uitgaande gesprekken mogelijk blijven en het weigeren van verschillende categorieën uitgaande gesprekken, terwijl binnenkomende gesprekken mogelijk blijven.
- „Vangen” van telefoonmisbruikers, hierbij kan het nummer worden achterhaald van het oproepende toestel.
- Onderscheppen van gesprekken. Het systeem 5ESS-PRX kan oproepen naar afgesloten, niet bestaande, gewijzigde of geblokkeerde abonneenummers onderscheppen en doorschakelen naar elders voor de juiste informatie.
- Afwezigheidsdienst, *Absent Subscriber Service*. Op verzoek van de abonnee kunnen binnenkomende gesprekken worden doorgeschakeld naar een ander abonneenummer.
- Kostenregistratie. Het systeem 5ESS-PRX kan een gedetailleerde registratie leveren van alle niet-geslaagde pogingen en geslaagde gesprekken van abonnees die twijfelen aan de juistheid van de telefoonkosten.

Aanvullend dienstenpakket

- *Verkort kiezen.* Deze dienst geeft de abonnee de mogelijkheid bij veelvuldig te kiezen nummers alleen 1- of 2-cijferige codes te gebruiken. In de lijst voor verkort kiezen kunnen 80 abonneenummers worden opgenomen.
- *Wekdienst.* Hiermee kan de op 5ESS-PRX aangesloten abonnee de tijd kiezen waarop hij gewekt wenst te worden. Op de gewenste tijd wordt de abonnee gebeld en bij het opnemen volgt een mededeling. Deze service kan zowel voortdurend als eenmalig verleend worden.
- *Maantoon.* Bij het oproepen van een bezette abonnee met ingeschakelde maantoondienst krijgt de oproeper vrijtoon. De in gesprek zijnde opgeroepene krijgt een korte toon (maantoon) te horen die aangeeft dat een ander gesprek wacht. Als een abonnee oplegt terwijl er nog een gesprek wacht, wordt hij of zij door de 5ESS-PRX automatisch teruggebeld, waarbij de verbinding met de wachtende automatisch wordt hersteld.
- *Kostentelimpulsen op abonneelijnen.* Het systeem 5ESS-PRX kan kostentelimpulsen uitzenden op abonneelijnen voorzien van een kostenteller en op lijnen waarop munttoestellen zijn aangesloten.
- *Toondruktoestellen.* Aan abonnees met TDK-toestellen wordt de mogelijkheid geboden van toondruktoetskiezen, overeenkomstig CCITT-norm Q.23. TDK-abonnees houden de mogelijkheid kiesschijftoestellen te gebruiken.
- *Ruggespraak.* Hiermee heeft een telefonerende abonnee de mogelijkheid een derde persoon in het gesprek te betrekken zonder tussenkomst van de bediening. Hiertoe kan de abonnee het bestaande gesprek onderbreken door het kort indrukken van de haak, waarbij de verbinding niet definitief wordt verbroken.
- *Timed Hot Line.* Hiermee heeft de abonnee de mogelijkheid om zonder te kiezen verbinding te krijgen met een vooraf bepaald nummer. Als de abonnee de hoorn van de haak neemt en binnen een bepaalde tijd geen nummer kiest, krijgt hij of zij de hot line. Wanneer de abonnee binnen deze tijd wel een nummer kiest, wordt een normale verbinding tot stand gebracht.
- *Niet storen.* Als een abonnee van deze dienst gebruik maakt, worden inkomende gesprekken naar een melder geleid, die de oproeper mededeelt dat de opgeroepene niet gestoord wil worden. De abonnee kan deze dienst naar keuze in werking stellen en uitschakelen.
- *Prioriteit.* In geval van netwerkcongestie of overbelasting van de lijnen, kunnen prioriteitsniveaus voor abonneelijnen worden ingesteld.
- *Call Type Ringing (herkomst herkenning).* Dit biedt de abonnee de moge-

lijkheid aan de hand van het belritme verschillende soorten oproepen te onderscheiden, bijvoorbeeld lokale en interlokale.

- *Free Termination Line* (servicenummers). Aan abonnees die een servicenummer oproepen worden geen gesprekskosten in rekening gebracht. Dit is vergelijkbaar met het antwoordnummer bij de post. In principe kan elk nummer in aanmerking komen om zich als servicenummer te presenteren.

Signalering op abonneelijnen

Het systeem 5ESS-PRX laat abonneelijnen toe tot een lusweerstand van maximaal 2000 ohm, inclusief de weerstand van het toestel. Zowel impulskiezende toestellen (kiesschijf- en IDK-toestellen) als toonkiezende toestellen (TDK-toestellen) kunnen worden aangesloten. Het toonkiezen geschiedt volgens CCITT Q.23.

De abonneelijnen zijn voorzien van Abonneelijnsignalering 70 (ALS-70), die met name van belang is voor bedrijfstelefooncentrales.

Signalering tussen centrales

Het systeem 5ESS-PRX is uitgerust met hoofdzakelijk digitale overdragers, omdat de meeste verbindingen tussen centrales digitale PCM-lijnen zijn. Voor het realiseren van de overige in het Nederlandse telefoonnet voorkomende signaleringen wordt gebruik gemaakt van omzetapparatuur, die zowel voor de analoog-digitaal en digitaal-analoog omzetting als voor de signaleringsconversie zorgt.

Exploitatie en onderhoud

In dit hoofdstuk worden de faciliteiten en procedures beschreven die gebruikt worden voor de communicatie tussen het bedienend personeel en 5ESS-PRX. Alle ingaande en uitgaande berichten zijn in overeenstemming met de CCITT-normen voor mens-machine communicatie (*Man Machine Language*). De bedieningsapparatuur voor de mens-machine communicatie is ondergebracht in het *Master Control Centre* (MCC). Dit bestaat uit een systeemtafel met de volgende apparatuur:

- een kleurenbeeldscherm met toetsenbord voor het weergeven van de bedrijfstoestand (status) van de centrale en voor het uitvoeren van onderhoudshandelingen;
- een zwart-wit beeldscherm met toetsenbord voor het uitvoeren van acties van exploitatieve aard;

-
- een afdrukkapparaat (*Hard Copy Printer*) voor het afdrukken van gegevens op papier.

De communicatie via de genoemde terminals gebeurt veelal in *menu-mode*, waarbij door middel van geprogrammeerde procedures het bedienend personeel geleid wordt in de behandeling van het systeem. Paginagewijze worden de mogelijkheden getoond, waaruit gekozen kan worden, en aangegeven hoe het moet gebeuren. Hiertoe dient het personeel goed voorbereid en geïnstrueerd te zijn over de opzet van deze methodiek.

Alarmen

Indien zich problemen voordoen worden deze door middel van de volgende alarmindicaties onder de aandacht van het personeel gebracht:

- een alarmweergave op het beeldscherm van de master control tafel;
- een hoorbaar alarm in overeenstemming met de ernst van het probleem;
- een uitgaand bericht op de printer van de master control tafel waarin informatie wordt gegeven over de ernst van het probleem en de plaats waar het zich voordoet (nummer van gangpad, rek, ruif en unit);
- spanningsalarmen op de MCC-post, aangevuld met een alarmlamp op het rek waar de storing zich voordoet (b.v. defecte zekering of spanningsuitval).

Er zijn 2 alarmniveaus:

- groot alarm, waarbij het personeel attent wordt gemaakt op een ernstig probleem in de centrale waarvoor onmiddellijk ingrijpen is vereist, zoals het uitvallen van één deel van een dubbel uitgevoerd circuit;
- klein alarm, waarbij het personeel wordt gewezen op een bericht van informatieve aard, waarvoor geen onmiddellijk ingrijpen is vereist, zoals het uitvallen van enige circuits van een grote trunk-groep.

Het systeem 5ESS-PRX kent 3 alarmklassen, waarvan elk één van de eerder beschreven niveaus kan aannemen:

- systeemalarmen, die bijvoorbeeld door diagnostische programma's worden gedetecteerd;
- rekvoedingsalarmen, die in werking komen bij doorbranden van veiligheids- of bij storingen in de voedingsapparatuur;
- gebouwvoedingsalarmen, die worden gedetecteerd door scanpunten. Hiermee worden zaken aangegeven als brand, uitvallen van de netspanning, batterijstoringen, deuren die zijn opengebleven, e.d.

Alle alarmen kunnen worden uitgeschakeld (reset) op de *master control tafel*. Rekvoedingsalarmen kunnen worden uitgeschakeld op het rek waar het alarm vandaan komt.

Reparatieprocedure

In het algemeen verloopt de reparatieprocedure als volgt:

1. als het systeem zelf al niet voor herstel heeft gezorgd, wordt de te repareren groep uit dienst genomen door een desbetreffende opdracht vanaf de *master control tafel*. Dit wordt beperkt tot de kleinste unit die uit dienst kan worden genomen;
2. het defecte circuit wordt geïdentificeerd in het alarmbericht of aangegeven door een *out of service* lamp;
3. zo nodig wordt de spanning van de te repareren groep afgeschakeld;
4. nadat de reparatie is verricht, wat meestal neerkomt op het vervangen van het defecte circuit, wordt de spanning weer ingeschakeld, waarna een desbetreffende opdracht de herstelde groep weer in dienst stelt.
Er zijn dubbel uitgevoerde units die door het bedienen van een knop op het rek weer in dienst worden gesteld.

Trunk en Lijn Onderhoud

Alle trunk en lijn onderhoudsfaciliteiten zijn toegankelijk vanaf de *master control tafel* en vanaf de Trunk and Line Testtafel, TLWS.

De *Trunk and Line Testtafel* (TLWS) is uiterlijk gelijk aan de *master control tafel*, maar alleen bestemd voor trunk en lijn onderhoudsfuncties, waaronder vallen:

- testen van abonneelijnen;
- operationeel testen van verkeerslijnen (trunks);
- transmissietesten van verkeerslijnen;
- weer in dienst stellen van abonnee- en verkeerslijnen.

Elk van deze functies wordt gestart door een opdracht vanaf het TLWS bedieningspaneel.

Nadat een testfunctie gestart is, wordt deze door het systeem zelf voltooid en de resultaten worden op het beeldscherm of op de printer zichtbaar gemaakt. Voor bijzondere gevallen bezit de TLWS een *Test Toegangs Unit* met connectoren, via welke met draagbare testapparatuur, zoals voltmeters en transmissiemeetsets, metallieke analoge of digitale toegang mogelijk is.

Overige testfaciliteiten

Behalve de genoemde onderhoudsmiddelen, bezit het systeem nog een aantal testmogelijkheden, die hier volledigheidshalve worden genoemd.

- Automatische Lijn- en Isolatie Test (ALIT), dit is een periodieke preventieve lijntest voor de volgende functies:

-
- vreemde spanningen;
 - weerstand tussen de aders en aarde;
 - weerstand tussen de aders onderling.

Ook deze testen kunnen met behulp van een terminal worden uitgevoerd. Van elk gevonden lijndefect wordt een bericht gemaakt.

- Automatische Verkeerslijntest (*Automatic Progression Test*, APT), dit is een periodieke test van alle uitgaande verkeerslijnen door middel van een oproep naar een ATEMA. Een verkeerslijn die bij deze test gebreken vertoont, wordt automatisch buiten dienst genomen. In de drukke verkeersuren wordt deze test niet uitgevoerd. elke lijn kan ook afzonderlijk worden getest door middel van een commando. In dat geval wordt de APT onderbroken.

Exploitatie

Exploitatie wordt onderscheiden in abonnee-exploitatie en technische exploitatie. Het systeem 5ESS-PRX biedt met betrekking tot de abonnee-exploitatie alle faciliteiten die van een modern SPC-systeem mogen worden verwacht. Via een terminal kunnen abonnee-exploitatie-handelingen worden uitgevoerd, desgewenst met begeleiding via het beeldscherm (*Menu Mode*). Met betrekking tot de afrekening biedt het systeem 5ESS-PRX de mogelijkheid gespecificeerde rekeningen voor de abonnee uit te schrijven. Technische exploitatie omvat de handelingen die tot doel hebben de beschikbare apparatuur zo efficiënt mogelijk in te zetten. Mutaties in lijngegevens worden op dezelfde wijze aangepakt als mutaties in abonneegegevens. Verder is er een uitgebreid scala van verkeersmeetfaciliteiten beschikbaar, waarvan de resultaten in de vorm van testrapporten worden gepresenteerd.

Beheerssystemen

Hoewel het systeem 5ESS-PRX is uitgerust met de mens-machine interfaces die nodig zijn voor de uitvoering van alle operationele en onderhoudstaken, is het systeem tevens aanpasbaar aan een verscheidenheid van beheerssystemen die gewenst kunnen zijn om een effectievere personeelsinzet mogelijk te maken. Deze aanpassingen zijn als keuzemogelijkheid leverbaar. Voorlopig echter zal het systeem het nog zonder deze beheerssystemen moeten stellen, maar deze zijn wel onderwerp van studie.

Verwerkings- en aansluitcapaciteit

De verwerkingscapaciteit van een *Stored Program Control* (SPC) telefoon-

centrale wordt gewoonlijk uitgedrukt in het aantal oproepen per uur die het systeem bij een bepaalde dienstverleningskwaliteit kan verwerken. De verwerkingscapaciteit wordt bepaald en beïnvloed door de administratieve processor en andere processor-elementen, de aansluitcapaciteit, het aantal zenders en ontvangers enz. Bovendien hangt de capaciteit van de centrale af van de gesprekkenverdeling (*Call Mix*) in verband met tijd die nodig is om verschillende soorten gesprekken te verwerken (**real time behoefte**). Zo vereist het verwerken van complexe verbindingen meer **real time** dan het verwerken van normale gesprekken.

Het systeem 5ESS-PRX is opgebouwd uit centrale en verdeelde modulaire subsystemen, service units en interface units. Afhankelijk van de verkeers-eisen kunnen bovengenoemde elementen worden toegevoegd om te kunnen voldoen aan speciale verwerkingscriteria, zoals de eisen voor blokkering en vertraging. Elders in dit artikel worden de maximale mogelijkheden aangegeven die voor elk van deze elementen bereikbaar zijn.

Administratieve processor

De administratieve processor van 5ESS-PRX heeft in de huidige uitvoering een piek-capaciteit van ongeveer 150 000 oproepen per uur, dat zijn 40 oproepen per seconde. Het ligt in de bedoeling de verwerkingscapaciteit uit te breiden tot meer dan 500 000 oproepen per uur. Deze aantallen hebben betrekking op het verkeer van normale ontspringende en inkomende groepen, inclusief niet-geslaagde verbindingen, zoals onjuist of gedeeltelijk kiezen e.d., die naar schatting 15% van alle oproepen uitmaken.

Als het verkeer over de centrale voor een belangrijk deel bestaat uit oproepen die gebruik maken van diensten, zoals maantoon en opschakelen, zal de verwerkingscapaciteit teruglopen door de extra *real time* behoefte van dergelijke gesprekken.

Schakelmodule processor (SMP)

Een schakelmodule processor kan per uur ongeveer 10 000 oproepen verwerken, dat is 3 oproepen per seconde. Ook deze schatting is inclusief 15% niet-geslaagde verbindingen. Ook de verwerkingscapaciteit van deze processor zal bij veel maantoon en doorschakelen afnemen door het extra *real time* verbruik van zulke verbindingen. Toch zullen de module processors niet de verwerkingscapaciteit van het hele systeem beperken, de gezamenlijke capaciteit is ruim voldoende om het gehele verkeersaanbod van de bijbehorende *Peripheral Units* te verwerken.

Communicatie module (TMS-MSGS)

De capaciteit van het schakelnetwerk van 5ESS-PRX wordt bepaald door

de *Time Multiplexed Switch* (TMS) en de *Message Switch* (MSGS). Op elke één-traps TMS kunnen 30 schakelmodules worden aangesloten. Een groter type TMS dat thans in ontwikkeling is, zal plaats kunnen bieden aan ten minste 190 SM's. Voor de huidige TMS is nu een MSGS in ontwikkeling die maximaal 48 schakelmodules (SM's + RSM's) kan bedienen. Door de toekomstige ontwikkelingen zal dit getal worden uitgebreid tot 256 SM's en RSM's.

Line units

In de 5ESS-PRX centrale eindigen analoge abonneelijnen op lijn-units. Iedere schakelmodule kan met maximaal 8 lijn-units van 64 uitgangen samenwerken. Het aantal analoge abonneelijnen dat kan worden aangesloten op een LU hangt af van de concentratiefactor.

Lijn-units zijn leverbaar met verschillende concentratiefactoren, wat in relatie staat tot het aantal abonneelijnen per lijn-unit:

concentratiefactor	abonneelijnen per lijn-unit
8 : 1	512
6 : 1	384
4 : 1	256

Per lijn-unit kan ongeveer 45 Erlang verkeer worden geschakeld met een blokkeringskans van 1%. De keuze van de concentratiefactor hangt af van de gebruiksintensiteit van de abonneelijnen. Als de verkeersintensiteit per abonneelijn na verloop van tijd zou veranderen, kan zo nodig een andere concentratiefactor worden ingesteld door het veranderen van het aantal schakelcircuits in de lijn-units. Het aantal lijn-units dat voor een bepaalde centrale nodig is, hangt af van het aantal abonnees en de gekozen concentratiefactor. De concentratiefactor wordt bepaald aan de hand van het ontspringende en eindigende verkeer per lijn en de toegelaten blokkeringskans.

Overdragers

Analoge verkeerslijnen worden in de 5ESS-PRX centrale aangesloten op trunk units. Elke trunk telt 64 overdragers en 64 uitgangen. Het vereiste aantal overdragers wordt bepaald door het aantal aangesloten analoge verkeerslijnen, vermeerderd met het aantal melders (die elk een ingang nodig hebben) en het aantal ingangen voor de lokale meettafels (2 per meettafel).

Digitale ingangen

De *Digitale Line & Trunk Unit* (DLTU) heeft rechtstreeks interfaces naar de digitale trunks en Remote Switching Modules (RSM's). Elke DLTU kan maximaal 16 digitale 2048 kb/s lijnen van elk 30 kanalen verzorgen. Bij gedeeltelijk gevulde DLTU worden de kanalen toegewezen in veelvoud van 30.

Afmetingen en omgevingscondities

<i>Apparatuurgegevens</i>	
Rekken	
Hoogte	1829 mm, incl. bovenbouw 2200 mm
Breedte	780 mm
Diepte	600 mm
Apparatuurrij	
Lengte	13620 mm
Diepte	600 mm
Gangpad aan kabelzijde	610 mm (minimaal)
Gangpad aan printplaatzijde	810 mm (minimaal)
Vloerbelasting	
5ESS-PRX apparatuur	220 kg/m ²
Kabels in bovenbouw	120 kg/m ²
Gemiddelde belasting	50 kg/m ²
Warmte-afgifte per eenheid van vloeroppervlak	550 W/m ² (maximaal)
Omgevingseisen	
Temperatuur continu	0°-44°C
kortdurend	0°-50°C
Relatieve vochtigheid continu	10-75%
kortdurend	5-95%

Met *kortdurend* wordt een periode van maximaal 72 achtereenvolgende uren en een totaal van niet meer dan 15 dagen per jaar bedoeld.

Voedingscondities

De spanning in de rekken kan tussen -42,75 en -52,2 V bedragen. Het energieverbruik van 5ESS-PRX hangt vanzelfsprekend af van de grootte. Voor een centrale van 10 000 lijnen wordt het verbruik, inclusief de voeding voor de abonneelijn, geschat op ongeveer 25 kW. De 220 V wisselspanning ten behoeve van de bedieningsapparatuur kan via een omzetter in de systeemtafel of via de ononderbroken 220 V van het versterkerstation worden betrokken uit de batterij. De laatstgenoemde mogelijkheid is alleen van toepassing op districts- en knooppuntcentrales.

De elektromagnetische puls

Ing. K. K. Keimpema

In de loop der jaren zijn reeds een groot aantal publikaties verschenen met als onderwerp de Nucleaire Elektro Magnetische Puls (EMP). Toch is het de moeite waard nog eens aan te geven wat nu eigenlijk het risico is en wat de mogelijkheden tot beveiliging zijn. Dit vooral ook nu meer en meer duidelijk wordt dat veel van de maatregelen ook van belang zijn voor bliksembeveiliging.

In dit artikel zal kort worden ingegaan op de gevaren van deze EMP. Tevens zal worden aangegeven op welke wijze verbetering van de bestaande situatie kan worden bereikt. Vooral dit laatste is van belang gezien het grote werkingsgebied van de EMP. De gevolgen van de EMP kunnen zich voordoen in een gebied dat veel groter is dan dat van de meer bekende effecten van kernwapens. Hierbij moeten twee verschillende verschijningsvormen in beschouwing worden genomen:

- EMP t.g.v. een lokale explosie (in de atmosfeer);
- EMP t.g.v. een zeer hoge explosie (buiten de atmosfeer, > 35 km).

Het ontstaan van de EMP

Bij een kernwapenexplosie komt een gedeelte van de energie vrij in de vorm van gammastraling (elektromagnetische straling).

Wanneer nu een foton (op grond van de quantumtheorie is ook deze gammastraling als een stroom van deeltjes, z.g. fotonen te beschouwen) met een atoom of een molecuul botst, ontstaan vrije elektronen. Het foton draagt bij de botsing een deel van zijn energie over aan het elektron en verandert van richting.

Het elektron kan door de botsing nu ook een grote kinetische energie (grote snelheid) hebben gekregen.

Dergelijke snelle elektronen worden *Compton-elektronen* genoemd.

Deze Compton-elektronen zullen zich overwegend radiaal van het explosiepunt af bewegen en laten de zwaardere en daardoor langzamer bewegende positieve ionen achter. Deze grootscheepse scheiding van ladingen produceert een stroom, de z.g. *Comptonstroom*.

Voor het uitstralen van een EMP-veld is een asymmetrie in de ruimtelijke verdeling van de Comptonstroom nodig.

Explosie in de atmosfeer

Bij een explosie in de atmosfeer op of nabij het aardoppervlak ontstaan grote aantallen Compton-elektronen welke ook weer spoedig botsen en dan z.g. *secundaire elektronen* produceren. (Op zeeniveau is de reikwijdte slechts enkele meters.)

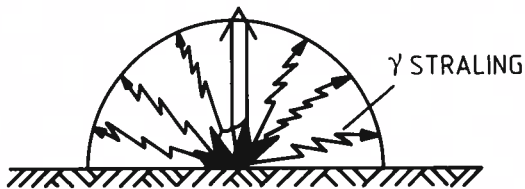
Door het zeer grote aantal vrije elektronen dat reeds enkele nanoseconden na de explosie aanwezig is wordt de lucht daar geleidend. De radiale verplaatsing van de Compton-elektronen heeft de volgende effecten:

- een radiaal gerichte elektrische stroom (naar het centrum toe), de z.g. *Comptonstroom*;
- een radiaal elektrisch veld;
- een sterke ionisatie van de omringende lucht.

Bij een volledig symmetrische situatie zou het magnetische veld binnen het geïoniseerde gebied nul zijn evenals het magnetisch en elektrisch veld buiten dit gebied.

In de praktijk is echter asymmetrie aanwezig als gevolg van:

- de aanwezigheid van enerzijds lucht en anderzijds aarde;
- het verschil in dichtheid tussen het bovenste en het onderste deel van de geïoniseerde laag;
- afbuiging van de Compton-elektronen ten gevolge van het aardmagnetisch veld;
- asymmetrie t.g.v. de constructie van het wapen.



afb. 1.

Het verloop van het elektrisch en het magnetisch veld in de tijd is afhankelijk van de afstand van de waarnemer tot de explosie. De karakteristieke golfvormen verdelen het gebied in drie zones:

- De Bronzone** – De lucht is geleidend door ionisatie. De verhouding elektrisch/magnetisch veld is anders dan in de vrije ruimte.
- De Verrezone** – De geleiding van de lucht is verwaarloosbaar. In dit gebied worden de EMP-velden op normale wijze voortgeplant.
- De Overgangszone** – Dit is een combinatie van de Bronzone en de Verrezone.

Zoals reeds eerder vermeld wordt de omvang van de Bronzone door de indringdiepte van de gammastralen bepaald en is door een verzadigingseffect in het Compton-proces slechts weinig afhankelijk van de wapensterkte.

In de Bronzone kan de magnetische inductie in het centrum waarden bereiken van 10^{-2} Wb/m² (8 000 A/m). De veldsterkte neemt evenals de gammastraling zeer sterk met de afstand af. Buiten de Bronzone kan de veldsterkte bij benadering worden berekend met $E\text{-piek} = 10^7/R$, waarin R de afstand in meters en E-piek de maximale waarde van de elektrische veldsterkte in V/m (voor R groter dan 6 000 m). De polarisatie-richting is overwegend verticaal. Voor lokale explosies is het gebied binnen de Bronzone voor EMP-schade nauwelijks van belang daar hier de primaire explosie-effecten zoals schokgolf, windstoot, hittestraaling en radio-actieve straling overheersen.

Het gebied buiten de Bronzone, waar schade als gevolg van EMP mogelijk is, heeft een straal van enkele tientallen kilometers.

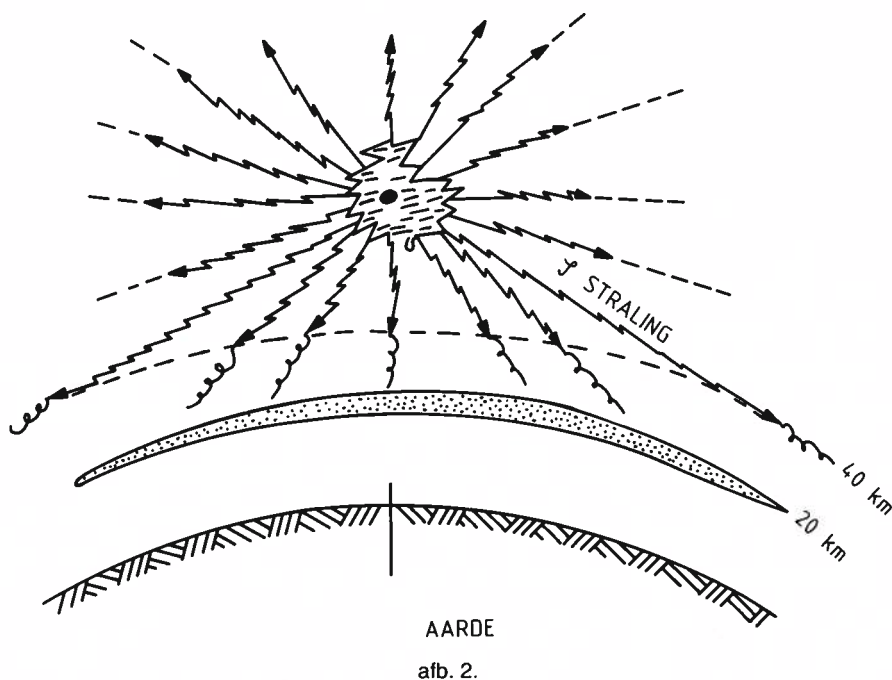
Explosies buiten de atmosfeer

Op een hoogte van enkele tientallen kilometers is de dichtheid van de lucht zo gering dat de invloed hiervan op het ontstaan van de EMP kan worden verwaarloosd. Bij een explosie op een hoogte van meer dan 50 km wordt dan ook over een explosie buiten de atmosfeer gesproken. De gammastralen bewegen zich met de lichtsnelheid van het explosiepunt af zonder veel verzwakking te ondergaan. Pas op een hoogte van ongeveer 40 km boven het aardoppervlak begint de dichtheid van de atmosfeer zodanig groot te worden dat de binnendringende gammastraling in staat is om Compton-elektronen in enige concentratie te vormen. Op een hoogte van ongeveer 20 km zijn alle gammastralen volledig door de atmosfeer geabsorbeerd en is hun energie overgedragen in de vorm van Compton-elektronen. De Compton-elektronen zullen zich onder invloed van het aardmagnetisch veld in spiraalvormige banen bewegen en secundaire elektronen doen ontstaan, waarbij een impulsvormig veld wordt uitgestraald.

De afmeting van het geïoniseerde gebied wordt bepaald door de hoogte van de explosie boven de aarde en wordt alleen begrensd door de kromming van de aarde. Hierbij kunnen waarden van duizenden kilometers worden bereikt. Het is duidelijk dat de EMP t.g.v. een buiten de atmosfeer plaatsvindende explosie tot op veel grotere afstanden een zeer hoge waarde kan hebben dan van een explosie in de atmosfeer.

De maximale veldsterkte op het aardoppervlak bedraagt ongeveer 50 000

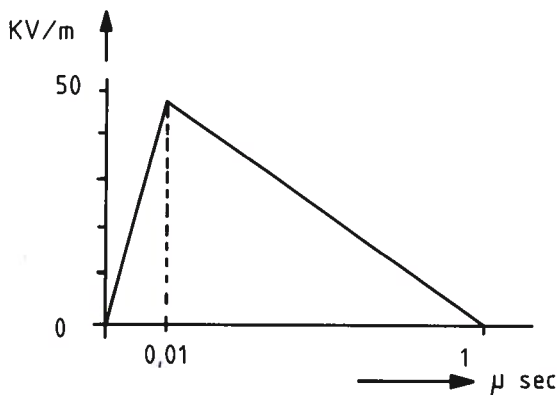
volt per meter. Zelfs onder de rand van de Bronzone kan nog een waarde van 25 000 volt per meter voorkomen. De polarisatierichting is hierbij overwegend horizontaal. De overige explosie-effecten zijn van geen betekenis met uitzondering van een lichtflits en enige warmte-ontwikkeling in de nabijheid van het Grondnulpunt (direct onder het explosiepunt).



Pulsvorm

De pulsvorm is afhankelijk van het type explosie en de plaats waar de waarnemer zich bevindt ten opzichte van de explosie. Dit houdt in dat er geen exacte vorm kan worden aangegeven, maar dat men rekening moet houden met de meest ongelukkige situatie. Een in veel publikaties gegeven vorm is weergegeven in afbeelding 3.

Dit model wordt veel gebruikt voor beproevingen en kan worden gezien als een redelijke *worst case* situatie gebaseerd op de EMP van een explosie buiten de atmosfeer. Bij de beschouwingen moet er rekening mee worden gehouden dat er meerdere pulsen kort na elkaar kunnen optreden.



afb. 3.

Gevolgen van de EMP

Uitwerking op de elektrische circuits

De inwerking van de EMP op elektrische circuits wordt bepaald door vier factoren, nl. de pulsform ter plaatse, de koppeling van de geleiders met de EMP, de overdracht van de geïnduceerde stromen of spanningen naar de aangesloten componenten en de kwetsbaarheid van die componenten.

In het geval van een maximale koppeling met de meest ongunstige pulsform, zoals omschreven, wordt in een 1 meter lange staaf boven een geaard vlak een piekspanning geïnduceerd van 25 000 volt en in een lus met 1 m² oppervlak een piekspanning van 27 000 volt.

In bovengrondse leidingen met een lengte van meer dan enkele honderden meters kunnen piekstromen van enkele duizenden Ampères worden verwacht, overeenkomend met een energie van 10⁴ joule.

Indien men deze waarden vergelijkt met wat de toegepaste halfgeleidercomponenten in het algemeen kunnen verdragen zou dit betekenen dat de kans op schade wel zeer groot is. In de praktijk is de overdracht echter lang niet altijd optimaal en zal de pulsform ook niet maximaal zijn zodat lang niet alle componenten zullen bezwijken. Het probleem is echter dat men meestal niet weet welke heel blijven of kapot gaan, zodat de installaties onbetrouwbaar gaan werken.

Gevolgen voor de samenleving

Over het algemeen zullen in de nabijheid van het springpunt dezelfde EMP-verschijnselen op kunnen treden bij zowel een lokale explosie als een

buiten de atmosfeer, alleen zal er grotere differentiatie optreden naar gelang de heftigheid van het verschijnsel ter plaatse. Op grotere afstand van het springpunt zal er een belangrijk verschil bestaan tussen de gevolgen van een explosie in of buiten de dampkring.

Explosie buiten de dampkring

Een EMP ten gevolge van een explosie buiten de dampkring kan in zeer grote gebieden aanzienlijke schade aanrichten van zodanige aard dat bijvoorbeeld de basisgedachte van de Civiele Verdediging in de USA geheel gewijzigd is. Deze schade zal alle elektrische en telecommunicatievoorzieningen kunnen ontwrichten doordat op vele plaatsen kortsluitingen ontstaan (doorslagen tegen aarde) en van elektronische regelsystemen de halfgeleiders vernietigd worden. Deze schade zal ontstaan zowel in elektrische centrales als in woningen, kantoren, fabrieken, computercentra en commandoposten.

Explosie in de dampkring

De gevolgen van een EMP in de dampkring zullen veel beperkter van omvang zijn. Hoewel de veldsterkte plaatselijk wel hoger kan zijn, of de energie-inhoud van de puls groter, zal het geen extra schade toebrengen. Wel zullen nu ook de overige effecten van de explosie in beschouwing moeten worden genomen.

Enige tientallen kilometers buiten het gebied waar de overige effecten van belang zijn zal ook de invloed van de EMP zodanig zijn afgenomen dat er geen schade meer ontstaat.

N.B. Men dient wel te bedenken dat bovengenoemde schade alleen zal ontstaan in niet beveiligde installaties. Hierbij moet dan wel van de goede beschermingsmiddelen gebruik worden gemaakt daar een eenvoudige bliksembeveiliging zeker niet voldoende is.

Beveiliging

Wat dient te worden beveiligd?

Blijkens het voorgaande kunnen er storingen ontstaan in elektrische en elektronische installaties. Deze storingen brengen uiteraard directe gevaren mee voor de installaties zelf maar ook voor het personeel dat daaraan werkt alsook voor de bevolking in de omgeving. Het is noodzakelijk zodanige voorzieningen te treffen dat bovengenoemde effecten zoveel mogelijk worden beperkt. In verband met de kosten zal niet alle bedreigde apparatuur zodanig kunnen worden beveiligd dat bedrijfsvoortzetting zonder meer

plaatsvindt. In dat geval dient echter afschakelen op een veilige manier plaats te vinden.

Apparatuur welke voor het functioneren van de samenleving van vitaal belang is zal echter afdoende moeten worden beschermd. (Te denken valt hier aan apparatuur ten behoeve van voorlichting en hulpverlening.)

Beveiligingsmaatregelen

Over het algemeen kunnen beveiligingsmaatregelen pas effectief worden genomen nadat eerst een onderzoek is ingesteld naar de wijze waarop de EMP op een systeem inwerkt.

Voor het vaststellen van deze invloed op een systeem dient men zich te realiseren dat de EMP gevolgen kan hebben door directe instraling in hiervoor gevoelige circuits, maar ook door wat er via geleiders naar deze circuits wordt toegevoerd. Vervolgens moet worden onderzocht op welke wijze een circuit het gehele systeem beïnvloedt.

Nadat is vastgesteld op welke wijze de EMP inwerkt op het systeem bestaan er diverse mogelijkheden ter verbetering van de situatie.

- Het zoveel mogelijk toepassen van apparatuur welke ongevoelig is voor de EMP.
- De invloed van de EMP beperken door een goede componentenkeuze.
- Het kiezen van een systeem waarbij de invloed van de gevolgen van de EMP door organisatorische maatregelen wordt beperkt en slechts een klein deel behoeft te worden beschermd.
- Het beschermen van de betreffende circuits tegen overspanningen welke via kabels e.d. worden toegevoerd. Dit kan plaatsvinden door toepassing van goede overspanningsafleiders en filters alsmede een goede keuze van het vereffeningspunt.
- De bekabeling dient zodanig te worden uitgevoerd dat er zo weinig mogelijk overspanning wordt opgewekt. (Dit wordt o.a. bereikt door de keuze van het type kabel en het voorkomen van lusvorming.)
- Het opslaan van reserve-apparatuur, eventueel reeds opstellen maar niet aansluiten.
- Het voorkomen van directe instraling in de betreffende circuits. Dit kan d.m.v. afscherming in de vorm van een kooi van Faraday. Men introduceert hiermede wel andere problemen.

N.B. Uit onderzoek blijkt dat schade als gevolg van de EMP vooral te verwachten is door overspanningen welke via de geleiders naar de circuits wordt gevoerd.

Bovenstaande maatregelen dienen waar mogelijk door onderzoek en beproeving te worden begeleid daar, gezien het zeer specialistische karakter van de toe te passen maatregelen, makkelijk fouten ontstaan.

Uitvoeringsmogelijkheden

Het treffen van beveiligingsmaatregelen dient deel uit te maken van een totaalplan.

De bescherming van de gevoelige apparatuur dient in ruimer verband te worden gezien dan alleen de bescherming van de apparatuur zelf. Overigens is bescherming van de apparatuur zelf technisch goed mogelijk. Bij voorkeur dient deze eis van aanvang af te worden meegenomen bij aanschaf van hiervoor in aanmerking komende apparatuur.

Veel van de maatregelen welke gelden voor de bescherming tegen bliksem-invloeden behoeven slechts uitbreiding van de eisen. Omgekeerd zijn veel van de maatregelen welke voor een goede EMP-bescherming genomen dienen te worden ook voor bliksembeveiliging toepasbaar.

Conclusie

Uit het bovenstaande kan men concluderen dat het gezien de omvang van de gevolgen in ieder geval aanbeveling verdient voor belangrijke systemen een afweging te maken ten aanzien van de noodzaak van beveiliging. Het treffen van minimale maatregelen, met betrekking tot noodzakelijke voorzieningen voor de veiligheid van de bevolking, is zeer nuttig en kan op zinvolle wijze worden gedaan.

Literatuuropgave

1. „Rapport Elektromagnetische Effecten 1973” en „Aanbevelingen 1975” hierop en „Informatie voor de Procesindustrie met betrekking tot een Nucleaire Elektromagnetische Puls” van de staf voor de civiele verdediging werkgroep Research.
2. „EMP Engineering and Design Principles” van Bell Telephone Laboratories Incorporated, uitgave 1975, Whippany, New Jersey.
3. „De Elektromagnetische Puls – Onderschat aspect van nucleaire oorlog –” van J. J. Hutter, Boerderijcahier bc 8301 van de Technische Hogeschool Twente.
4. „EMP en de elektriciteitsvoorziening” door Ir. H. P. J. Leltz. Noodzaak nr. 3, april/mei 1979.

Digitale schakeltechniek

Drs. C. Vader

De moderne schakelelektronica is gebaseerd op 2 principes:

- digitale schakeltechniek;
- halfgeleider-elektronica.

De digitale schakeltechniek voor de overdracht van gegevens is al heel oud, ongeveer even oud als de elektrotechniek. Zodra batterijen beschikbaar waren, ontstond de datatransmissie met de Morse code. De Morse code als middel tot datatransmissie heeft het grote voordeel van storingsimmunitet. Dat is dan ook de reden waarom Morse code nog wordt toegepast in de scheepstelegrafie, waar de signaal/ruis verhouding meestal bijzonder slecht is.

Met de oorspronkelijke technische middelen was de Morse telegrafie ongeschikt voor het automatisch afdrucken van een normaal leesbare hard copy. Met de heden ten dienste staande middelen is dit geen probleem meer. Vele dingen die met elektronische componenten op eenvoudige wijze gerealiseerd kunnen worden, werden 100 jaar geleden moeizaam met mechanische schakelmiddelen opgelost: relais, schakelaars, enz. Men denke aan de klassieke telefooncentrales met elektromechanische geheugenfuncties en besturingslogica.

Binaire systemen en signalen

In de telefonie en telegrafie heeft men veelal te maken met binaire systemen, dat zijn systemen die slechts de keuze kennen uit 2 toestanden, bijvoorbeeld:

aan-uit; open-dicht; geleidend-isolerend; hoog-laag; positief-negatief; 1-0.

Men denke aan relais, die „op” en „af” kunnen zijn, lampen die aan en uit gaan, verbindingen die gemaakt en verbroken worden.

Digitaal betekent *in discrete stappen*; een potentiometer is een continu regelbare weerstand, een weerstandsbank werkt digitaal met stappen van bijvoorbeeld 1 ohm.

Digitaal is een ruimer begrip dan binair; binair betekent digitaal met 2 standen en dus 2 stappen, waarvan één in de ene richting en één in de omgekeerde richting.

De informatie die met de kiesschijf wordt overgebracht is digitaal met 10

discrete waarden, Het signaal waarmee deze informatie wordt overgebracht is binair, het bestaat uit het afwisselend stroomvoerend en stroomloos zijn van de „lus”, dus lusluiting en lusonderbreking. Zulke impulsvormige signalen spelen een alles overheersende rol in de schakeltechniek.

Binaire data

Data zijn gegevens die overgebracht kunnen worden. Binaire data wordt overgebracht door middel van een binair signaal. Binaire datasystemen zijn reeds duizenden jaren bekend, zoals de heliograaf, dat is de zonnespiegel, waarmee knipperlichtsignalen kunnen worden overgebracht over vele kilometers. Ook het vuurtorenlicht is binair, het wordt periodiek onderbroken.

Bekende datatransmissiesystemen die in de vorige eeuw werden ontwikkeld zijn de Morse telegraaf met 3 signaalniveaus: punt, streep en pauze, en de Baudot lettertelegraaf, waaruit de Telex is ontwikkeld. Voor de telegraaftransmissie over de oceanen bleek lusonderbreking niet bruikbaar, daarom bestond voor deze toepassing de modulatie uit gelijkstroom voor de pauze en meer en minder stroom voor streep en punt.

Een voorbeeld van binaire niet-elektrische datatransmissie is de optische signalering, zoals lichtseinen, seinpaal, semafoor. Deze transmissie is weer actueel in de moderne vorm van glasvezeltransmissie.

Bij overdracht over langere afstanden treedt signaalkwaliteitsverlies op, en wel in de volgende normen:

- demping, dat is signaalverzwakking ten gevolge van de afstand. Het signaal is regenereerbaar, d.w.z. het kan weer op de oorspronkelijke sterkte gebracht worden door versterking;
- vervorming ten gevolge van onvolmaaktheid van de apparatuur en doordat de demping niet voor alle frequenties gelijk is. Het signaal is gedeeltelijk regenereerbaar;
- ruis, doordat het systeem niet alleen op de wereld is, maar invloed ondervindt van de omgeving. In analoge systemen is regeneratie slechts ten dele mogelijk, in digitale systemen is volledige regeneratie meestal goed mogelijk.

Schakelelektronica

De meest in het oog springende verschillen tussen de oude elektromechanische logica en de moderne halfgeleiderlogica zijn:

- schakelsnelheid: $0,1 \mu\text{s}$ tegen enige ms, dat is een factor 10^4 tot 10^5 ;
- ruimtebehoefte: enige kubieke decimeters apparatuur tegen tientallen kubieke meters, dat is een factor 10^4 ruimtewinst.

De vermogensbehoefte is minder spectaculair veranderd; vele elektro-mechanische schakelmiddelen hebben een stroomloze houdtoestand, alleen toestandsveranderingen kosten in dat geval vermogen (voorbeeld: telefooncentrales type UB, UM). In de elektronica wordt dat alleen gepresteerd door C-MOS, die inderdaad zuiniger is dan de elektromechanische tegenhanger en in elk geval veel zuiniger dan alle andere elektronische technieken.

De schakelelektronica heeft echter ook schaduwzijden, waarvan de belangrijkste is de stoorgevoeligheid. Korte overspanningspieken die door elektromechanische apparatuur niet eens worden opgemerkt, kunnen dodelijk zijn voor elektronische componenten. Beveiliging van de elektronica tegen beschadiging door spanningspieken is dan ook een vak apart, denk bijvoorbeeld aan de problematiek van de nucleaire EMP (zie blz. 282). Verder is dankzij de veel snellere data-overdracht de informatie-inhoud in het algemeen in waarde gedaald. Met langzame transmissie moet de informatie-inhoud per bit van hoge kwaliteit zijn. Bij de huidige tienduizendvoudig hogere transmissiesnelheid en een misschien honderdvoudige reële behoefte dient de data soms meer als vulmiddel dan als informatie.

Logische functies

Door middel van eenvoudige elektronische schakelingen kunnen bepaalde logische bewerkingen worden uitgevoerd met bitcombinaties. De eenvoudigste zijn:

- *INVERSIE* (negatie);
- *AND* (en, geeft logisch produkt);
- *OR* (of, geeft logische som);
- *EXCLUSIVE OR* (modulo-2).

De inversie of negatie geeft bitomkering: 1 wordt 0, 0 wordt 1. Een omkeerschakeling of inverter heeft in principe altijd 1 ingang en 1 uitgang.

Een AND schakeling heeft 1 uitgang en een aantal ingangen. Als op 1 of meer ingangen een 0 staat is de uitgang 0, alleen als alle ingangen 1 zijn, is de uitgang 1. De AND functie houdt in, dat de 0 het altijd wint; alles 1 geeft uitgang 1, in alle overige gevallen is de uitgang 0.

Een OR schakeling heeft eveneens 1 uitgang en een aantal ingangen. Als op 1 of meer ingangen een 1 staat, is de uitgang 1, alleen als alle ingangen 0 zijn, is de uitgang 0. De OR functie houdt in, dat 1 het altijd wint; alles 0 geeft uitgang 0, in alle overige gevallen is de uitgang 1.

De EXCLUSIVE OR of modulo-2 heeft 2 ingangen. Gelijke stand van beide ingangen geeft 0 op de uitgang, ongelijke stand van de ingangen geeft 1 op de uitgang.

Combinaties van bovenstaande functies komen zeer veel voor, vooral die van AND en INVERSIE, NAND geheten, en die van OR en INVERSIE, NOR genaamd.

Waarheidstabellen

De duidelijkste en eenvoudigste manier om logische functies weer te geven is door middel van waarheidstabellen (truth tables), die bij elke ingang-combinatie de bijbehorende toestand van de uitgang vermelden.

AND			NAND			OR			NOR			XOR		
a	b	q	a	b	q	a	b	q	a	b	q	a	b	q
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0

afb. 1.

Flip flops (FF)

Flip flops zijn circuits met een houdfunctie. Voorbeelden daarvan zijn de tweedeler en het circuit achter de drukknop voor het stopsignaal in de bus of van het voetgangerslicht.

Bij de tweedeler gaat door een activeringspuls op de ingang de uitgang hoog en door de volgende puls op de ingang gaat de uitgang weer laag. De tweedeler komt geïntegreerd voor in elke binaire teller, want binair tellen is herhaald door 2 delen.

Bij het drukknopje wordt door een keer drukken de uitgang naar de geactiveerde stand gebracht en daarna hebben alle volgende acties op de ingang geen effect meer. Er is een reset signaal op de reset ingang nodig om naar de oorspronkelijke toestand terug te keren.

Bij master-slave flip flops zijn de in- en uitgangscircuits gescheiden en hebben elk hun eigen houdfunctie. Pas op een doorgeefsignaal wordt de informatie van de ingangs-FF doorgegeven naar de uitgangs-FF. Wanneer de ingangs-FF wordt teruggeschakeld via de reset ingang, houdt de uitgangs-FF de laatste stand vast tot het volgende doorgeefsignaal komt.

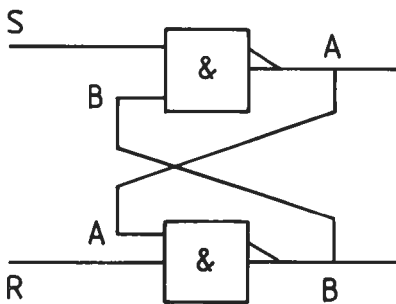
Als eenvoudig voorbeeld zijn afgebeeld de set-reset F-F in de NAND en in de NOR versie, waarvan de waarheidstabellen zijn weergegeven (afb. 2):

NAND				NOR			
S	R	A	B	S	R	A	B
1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	0	1 (houdstand)	0	0	1	0 (houdstand)
0	1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0 (houdstand)	0	0	0	1 (houdstand)

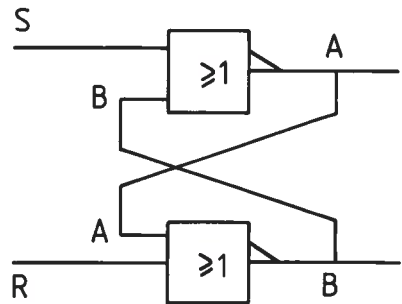
activering door S of R = 0
houdstand bij S = R = 1

activering door S of R = 1
houdstand bij S = R = 0

afb. 2.



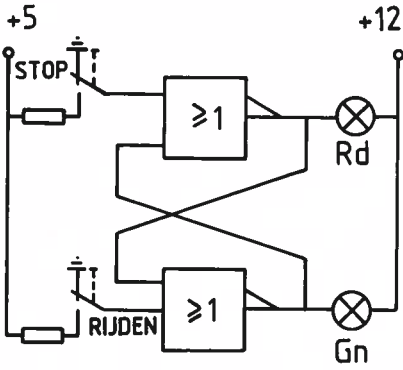
NAND FLIP FLOP



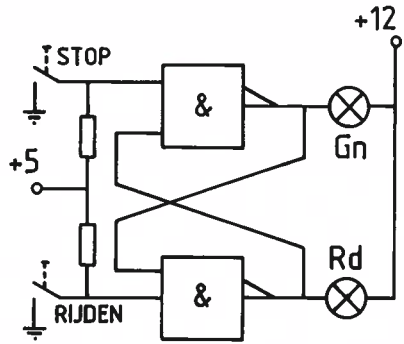
NOR FLIP FLOP

Beide schakelingen zijn ongevoelig voor contactdender (bounce) dankzij de houdstand. Dit is van belang wanneer de schakeling wordt toegepast achter een drukknopje. Om deze reden is vooral de NAND S-R F-F geschikt als antidender achter een drukknopschakelaar (zie afb. 3).

Stopschakelingen

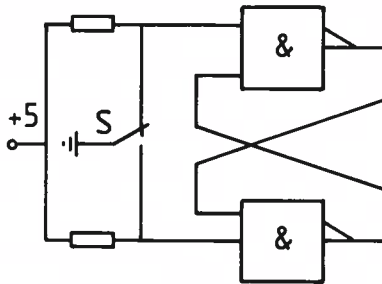


met NOR F-F



met NAND F-F

Lamp brandt bij uitgang 0



Antidender

afb. 3. S-R FLIP FLOPs

Oppervlaktemontage

Drs. C. Vader

Surface Mounted Assembly (SMA)

Surface Mounted Assembly (oppervlaktemontage) zal op korte termijn de wereld van de elektronica gaan beheersen. Oppervlaktemontage is kleiner, economischer en beter.

Iedereen die ook maar iets te maken heeft met de elektronica, zal de invloed van deze ontwikkeling in de montagetechniek ondervinden.

SMA maakt gebruik van speciale, voor deze montagemethode geschikte, componenten (SMD's, Surface Mounted Devices). SMD's hebben in het algemeen geen aansluitdraden (beter H.F. gedrag) en zijn qua afmetingen belangrijk kleiner dan de standaardcomponenten. Bovendien hebben componenten voor oppervlaktemontage een hogere kwaliteit dan traditionele onderdelen, hoofdzakelijk toe te schrijven aan de afwezigheid van de aansluitdraden (beter bestand tegen schokken en trillen).

Bijna 80% van alle standaardcomponenten zijn in SMD-vorm te leveren, zoals: weerstanden, keramische condensatoren, elektrolytische condensatoren, tantaal condensatoren, transistoren, diodes en geïntegreerde schakelingen.

Historie

Oppervlaktemontage is geen nieuwe techniek. Reeds in 1970 hield de auteur van dit artikel zich bij DNL-NW bezig met deze techniek. SO 23 transistors en dioden bestonden reeds ruim voor 1970 en in de IC-databoeken van die tijd waren de flat pack IC's gespecificeerd, die bestemd waren voor oppervlaktemontage. In tegenstelling tot gatmontage zijn SMD's niet met uitlopers in gaatjes gestoken, doch boven op de prentplaat gesoldeerd.

Het werk bij DNL-NW richtte zich op het maken van dikke film hybrides, waarop SO 23 transistors werden gesoldeerd. Het geleider-weerstanden patroon werd door zeefdrukken op keramische substraatjes aangebracht en in een kettingoventje van eigen ontwerp op het substraat gesinterd. De geleiders waren van palladiumzilver en de weerstanden van palladiumoxyde. Vervolgens werden de geleiders vertind. Hiertoe werd met een

kwastje wat met isopropyl alcohol verdunde flux aangebracht en vervolgens werd het substraat in een bakje met gesmolten soldeer gedompeld. De transistors werden gemonteerd door de soldeervoetjes even in onverdunde flux te dippen en ze daarna op de soldeerspot te plaatsen, waarop ze dankzij de kleverige flux bleven staan. Het vast solderen gebeurde volgens een reflow methode, door het substraat gedurende enige seconden met een kookplaatje in aanraking te brengen. Deze methode is zelfrichtend, eventueel scheefstaande componenten worden vanzelf goed gericht door de oppervlaktespanning van het gesmolten soldeer. Tenslotte werd met wat alcohol de overtollige flux¹⁾ afgespoeld.

Ondanks dat de oppervlaktemontage een reeds lang bestaande techniek is, werd deze pas operationeel toen op grote schaal behoefte ontstond aan samen-

stellen van kleine afmeting. Dit heeft in onderstaande volgorde plaatsgevonden:

<i>Toepassingsgebied</i>	<i>Overwegingen</i>
Militair, ruimtevaart	Klein, betrouwbaar
Medisch (b.v. pacemakers)	Klein, betrouwbaar
Klokjes, calculators	Klein
Camera's, autoradio's	Klein
Algemene toepassing	Klein, goedkoop

Conclusie

De typische voordelen van oppervlaktemontage zijn de kleine afmetingen, de goedkope fabricage bij grote productie-omvang en de fundamenteel betere fabricagemethoden. De uitval tijdens de fabricage is minder dan de helft van die bij gatmontage.

Verminking van uitlopers bij machinaal insteken komt in de SMT niet voor. Het afscheren van de uitlopers die door de prentplaat steken is bij oppervlaktemontage niet nodig. Ook is de benodigde apparatuur voor oppervlaktemontage minder omvangrijk en goedkoper. Verder kunnen dankzij de kleine afmetingen de hoogfrequente eigenschappen beter zijn.

Componenten

De componenten voor oppervlaktemontage missen de lange draadvormige uitlopers, IC-pootjes enz. die karakteristiek zijn voor gatmontage. In plaats daarvan zijn de IC's voorzien van vlakke soldeervoetjes of soldeerstripjes. Weerstanden en condensatoren hebben metalen eindvlakjes in plaats van aansluitdraden.

In het algemeen zijn de componenten kleiner van afmeting dan de conventionele en zo veel mogelijk rechthoekig van

vorm. Een vlakke bovenkant is gunstig voor het oppakken met een vacuüm-pipet bij de machinale montage en een vlakke onderkant is nodig om ze goed te kunnen vastlijmen en solderen. Een bijzondere belangrijke eis is de hittebestendigheid, want alle componenten worden blootgesteld aan de soldeertemperatuur. Wat dat betreft zijn vooral aluminium elco's moeilijke onderdelen.

SM condensatoren zijn overwegend uitgevoerd in multilayer techniek met keramische folie en zilverbadium metalisatie. Natte elco's worden op de gebruikelijke manier gewikkeld en in een rechthoekig huisje geplaatst met vlakke soldeereinden. Weerstanden bestaan uit een keramische drager, waarop in hybride techniek de binnenelektroden en de weerstandslaag worden aangebracht. De weerstandslaag wordt laser getrimd, zodat de normale tolerantie 1% en de verschillende tolerantieclassen vervallen.

Wat betreft de verkrijgbaarheid zij opgemerkt, dat Philips in Roermond een geheel nieuwe fabriek laat bouwen alleen voor SMD weerstanden en condensatoren. Geleidelijk komen ook steeds meer typen IC's voor oppervlaktemontage beschikbaar.

Substraat

Alle normale en bijzondere prentplaatmaterialen zijn geschikt voor oppervlaktemontage. Voor de consumer sector is SMT bijzonder geschikt door de goedkopere montagetechniek bij grote productie-omvang en de veel geringere uitval tijdens de fabricage.

Voorzichtigheid is geboden m.b.t. keramische chip carrier IC's op epoxy; het

verschil in thermische uitzetting kan bij thermal cycling tot afbreken leiden. Bij IC's met pootjes is dat risico niet zo groot, doordat er enige speling in de

nenten voorzien.

De hoge karakteristieke impedantie van 0,1 mm sporen wordt gecompenseerd door de kortere afstanden.

Vergelijking tussen conventionele platen en SMA platen.

	Conventioneel	SMA
plaatdikte	0,8 mm	0,3 tot 0,6 mm
min. spoorbreedte	0,2 tot 0,3 mm	0,1 tot 0,2 mm
gaten	nodig voor montage	alleen voor via's ²⁾

pootjes zit. De soldeerstripjes van LCCC's zijn op zich ook wel enigszins verend, doch op de plaat wordt alle speling opgevuld met soldeer en dan zit het star en onbeweeglijk vast. Bij C-MOS zal dit minder kritisch zijn. Voor dit probleem zijn de wildste oplossingen bedacht, zoals multilayer platen met een skelet van 1 of 2 lagen verkoperd invar of kovar³⁾ met er tussen en er buiten epoxy en ter weerszijden 1 of 2 lagen signaalsporen. Invar en kovar zijn nikkellegeringen met een heel geringe uitzettingscoëfficiënt. Deze metalen binnenlagen dienen tevens als laagohmig aard- en voedingsvlak.

Meer voor de hand liggend is voor keramische IC's keramische substraten te gebruiken volgens de vanouds bekende hybride techniek. Epoxy IC's op epoxy substraat zullen uiteraard geen uitzettingsproblemen geven.

Andere merkwaardige nieuwe prentmaterialen zijn polyimide met kwartsglasweefsel en epoxy of polyimide met kevlar weefsel.

In tegenstelling tot conventionele platen, hebben SMA platen geen aparte soldeer- en componentenzijde, want solderen gebeurt aan de kant waar de componenten zitten. SMA's zijn dan ook meestal aan beide kanten van compo-

Montage

Voor het opzetten van de componenten gelden in het algemeen nauwere toleranties dan bij de conventionele techniek, doch hier staat tegenover, dat de uitlopers niet exact in een gat gemikt hoeven te worden. Ook moet men er rekening mee houden, dat minder ruimte voor testpennen beschikbaar is.

Op het gebied van montage-apparatuur neemt Philips de meest vooraanstaande plaats in, zowel wat betreft capaciteit als stand van ontwikkeling. Philips montage-apparaten uit Eindhoven worden geëxporteerd naar vele landen, waaronder USA en Japan.

Er zijn 2 soldeertechnieken te onderscheiden, de ene schijnbaar grof en primitief, de andere in meer of mindere mate verfijnd.

Om met de „grove” methode te beginnen, hierbij wordt op vooraf geprogrammeerde punten van het substraat een druppeltje lijm aangebracht uit een dispenser, dat is een soort injectiespuit. Daarop worden de componenten geplaatst en zodanig aangedrukt, dat de soldeervlakjes behoorlijk op de spotjes staan. Daarna gaan de platen door een infrarood lijmdroger en een flux station. Solderen vindt plaats op een speciaal

golsoldeerband met 2 golven een hoge golf om ook moeilijke plaatsen te bereiken en daarna een brede golf voor de reflow en om overtollige soldeer kwijt te raken. Een bezwaar van deze methode is de grote kans dat soldeer komt op plaatsen waar het niet zijn moet; een tweede bezwaar is de grote thermische belasting van de componenten, die volledige onderdompeling ondergaan. Zo zijn IC's van het chip carrier type ongeschikt voor deze soldeerwijze. Voor kleine eenvoudige componenten (afmeting 3 mm) blijkt deze methode goed bruikbaar.

De andere methode is de reflow techniek. Hierbij worden de soldeerspotjes voorzien van een laagje soldeer pasta, bestaande uit 6% harsflux, 4% oplosmiddel en 90% lood-tin korreltjes. De pasta wordt aangebracht door middel van zeefdrukken. De componenten kunnen eventueel vastgelijmd worden, maar nodig is dat niet; de flux is kleverig genoeg om ze vast te houden. Solderen geschiedt bij de meest verfijnde methode volgens het vapor-phase proces, in een tank die gedeeltelijk gevuld is met een kokende fluorkoolstof verbinding, een soort hoogkokende freon met een kookpunt van 215°C. Aan de bovenzijde van de tank zijn de wanden voorzien van koelbuizen waarin water circuleert en waarop de damp condenseert. Om geen damp te verliezen drijft boven op de hete damp een koele dampdeken van C2 C13 F3 (ICI Arklone-P) met een laag kookpunt. De reflow installatie is daardoor verdeeld in een aantal temperatuuretages, de heetste zone onderin boven de hoogkokende vloeistof (215°C) en de koudste bovenin tussen de koelbuizen. Tevens wordt voortdurend een

klein deel van de verwarmingsvloeistof door een droog- en reinigingssysteem geleid om ingelekte waterdamp en flux-resten te verwijderen. Het substraat met componenten aan de bovenzijde zakt in de tank tot in de hete damp. De warmte-overdracht geschiedt snel, eerst door condensatie van de damp en vervolgens door het contact met de damp. Als er geen lijm gebruikt is, wordt eventuele scheefstand automatisch gecorrigeerd. Tweezijdige montage is mogelijk, de reeds gemonteerde componenten vallen er niet af, dankzij de adhesie van de gesmolten soldeer.

Goedkopere maar minder goede reflow methoden werken met hete lucht of met infrarood verhitting. Het bezwaar van de infrarood methode is de ongelijke verwarming door verschillen in kleur- en reflexie-coëfficiënt van de verschillende onderdelen. Daardoor worden sommige delen onnodig op hoge temperatuur gebracht, terwijl de warmte-overdracht naar de soldeervlakjes door de metaalglans veel minder goed is.

Betrouwbaarheid

Waar speciaal op moet worden gelet is de dissipatie per component en per plaat. Door de veel geringere afmetingen zijn de warmtecapaciteit en warmteafvoer geringer dan bij standaard componenten. Door de dichtere pakking wordt ook de dissipatie per eenheid van oppervlakte eerder kritisch, te meer doordat ook de steekafstand tussen de platen kleiner kan zijn. Hierdoor zal eerder het punt bereikt worden dat geforceerde koeling nodig is. Bij dissiperende LCCC's moet men letten op de thermische mismatch en bij alle componenten

is slechte soldering mogelijk. In vele gevallen is visuele inspectie niet goed mogelijk en moet men vertrouwen op de functionele en elektrische test.

Over reparatiemogelijkheden valt het volgende op te merken. IC's kunnen verwijderd worden door de pootjes af te knippen en het IC van het eventuele lijmpropje af te draaien. Hete luchtverhitting is ook een mogelijkheid, maar dan verdient het wel aanbeveling de overige componenten tegen de hitte te beschermen. Natuurlijk is ook montage van IC-voetjes met insteek-IC's mogelijk.

Per de beschikbaarheid wordt opgemerkt dat Philips voor de productie van SMD componenten streeft naar verdubbeling per jaar.

Kostenverlichting

Het omtoolen van een fabricagelijijn naar SMT kost 0,5 tot 1 miljoen gulden. De kostenbesparing door het toepassen van SMT zit voornamelijk in de goedkopere produktiemiddelen in vergelijking met de conventionele tehniek, de geringere ruimte die voor opslag nodig is en de goedkopere buitenkant van het eindprodukt. Gestapeld boren voor via's is niet goed mogelijk in verband met de nauwere toleranties en de kleinere gatdiameters (0,3 mm), maar er zijn veel minder gaatjes nodig.

Hybride schakeling

De hybride schakeling is een bijzondere vorm van oppervlaktemontage techniek. Deze bestaat uit een keramisch plaatje waarop geleider- en weerstandspatronen zijn vastgesinterd (dikke film) of opgedampt (dunne film) en de onderdelen gemonteerd volgens de oppervlaktemontage techniek.

Hybride schakelingen worden toegepast indien hoge eisen worden gesteld aan:

- precisie;
- mechanische stabiliteit;
- thermische belastbaarheid;
- hoogfrequent gedrag.

Typische toepassingsmogelijkheden zijn:

- medische techniek (pacemaker, hoorapparaatje, insulinepompje);
- militair;
- lucht- en ruimtevaart.

De hybride technieken bestaan reeds tientallen jaren en hebben in de laatste 15 jaar weinig ontwikkeling meer doorgemaakt. De enige merkbare verandering is dat dunne film circuits vroeger meestal op glas werden uitgevoerd en thans op aluminium oxyde. Dikke film circuits zijn altijd overwegend uitgevoerd op aluminium oxyde. Voor thermische hoog belaste circuits werd en wordt nog wel beryllium oxyde gebruikt (hetgeen wegens de grote giftigheid geen aanbeveling verdient) en ook zijn er speciale uitvoeringen op geëmailleerd metaal.

Verschillen met SMA prentplaat

De hybride techniek biedt mogelijkheden die op de prentplaat niet uitvoerbaar zijn. Zoals reeds genoemd, kunnen weerstanden worden aangebracht door middel van zeefdruk (dikke film) of opdampen (dunne film), maar natuurlijk kunnen ze ook als component worden opgesoldeerd volgens de gewone oppervlaktemontage techniek. Verder kunnen IC's als kale chips worden gemonteerd (sommigen spreken van „naakte kristallen”), maar ook op de gewone manier als Small Outline IC wor-

den gesoldeerd. Het werken met kale chips betekent een forse ruimtebesparing, maar ook een moeilijk en verfijnd proces dat hoge eisen stelt aan de werkomgeving en het personeel.

Dikke film techniek

Geleider- en weerstandspatronen worden als pasta op de keramische drager aangebracht volgens de zeefdruk techniek en vervolgens in een kettingoven vastgesinterd, waarbij het teperatuurprofiel in de oven in hoge mate de reproduceerbaarheid van de weerstanden bepaalt. De weerstanden hebben op deze wijze een tolerantie van 20%, wat natuurlijk veel te grof is. Daarom worden ze door het maken een insnoering op de juiste waarde getrimd. Het trimmen geschiedt tegenwoordig overwegend met een laserstraal in een automatische opstelling. Voorheen werden ze ook wel gezandstraald of geslepen, ook dat ging automatisch. Gedurende het trimmen wordt voortdurend de weerstandswaarde gemeten en zodra de gewenste waarde bereikt is wordt het trimmen gestopt.

Meerdere geleiderlagen (multilayer techniek) zijn mogelijk door over het eerste geleiderpatroon een isolerende laag (glaspasta) aan te brengen en daarop de volgende geleiderlaag. Voor de doorverbindingen moeten in de glaslaag uiteraard gaten zitten (vensters) waar verschillende geleiderlagen elkaar raken.

De geleiderpasta bestaat voornamelijk uit palladium-zilver legering, glaspoeder en organisch bindmiddel. Het bindmiddel dient om de pasta smeerbaar te maken en het gewenste vloeigedrag te geven. In de oven verdampt het bindmid-

del, het glas smelt samen met de drager en geeft tevens steun en corrosiebescherming aan het metaal. Behalve palladium-zilver komen ook koper- en goudpasta's voor. Weerstandspasta's bestaan uit metaaloxiden, glaspoeder en bindmiddel.

Dunne film techniek

De dunne film techniek vindt voornamelijk toepassing in de wereld van ultrahoge frequenties en microgolf. De geleiders zijn uitgevoerd als microstrip en meestal van goud. Weerstanden zijn meestal van nikkelchroom legering.

Voorbeeld uit de praktijk

Een mooi voorbeeld betreft de toepassing in circuits voor vermogens-elektronica van het bedrijf CAPAX in Eindhoven. Dit bedrijf is geheel gespecialiseerd op het gebied van elektronische vermogensregeling voor kleine machines, voornamelijk boormachines, huishoudelijke apparaten en ventilatoren. Op dit gebied heeft CAPAX 30% van de wereldmarkt, die als volgt verdeeld is:

Europa (Black & Decker, Bosch, Hilti, Metabo):	60%
USA (Skil, Singer, Porter-Cable, Milwaukee):	25%
Japan (Hitachi, Makita, Ryobi, Olympic):	25%

Men spreekt dan ook van „elektronisch water naar de Japanse zee dragen". De produktie bedraagt 100 000 tot 120 000 circuits per week, verdeeld over 25 tot 30 types.

De vermogensregeling berust op faseaansnijding, wat bij kleine vermogens weinig bezwaarlijk is. Een van de be-

langrijkste redenen om hiervoor dikke film circuits te gebruiken is de mechanische stabiliteit. Bij klopboormachines is het circuit blootgesteld aan versnellingen van honderden g. Prentmateriaal is enigszins flexibel, daardoor zullen na korte tijd de soldeerverbindingen bezwijken en alle componenten los in de behuizing liggen als de steentjes in een rammelaar. Keramisch materiaal daar-entegen is behoorlijk star, waardoor de soldeerverbindingen alleen blootgesteld zijn aan versnellingskrachten en niet aan vervormingskrachten. Een tweede belangrijk argument is de warmte-afvoer, keramisch materiaal is een veel betere warmtegeleider dan prentmateriaal.

Het ligt voor de hand dat vermogens-

regeling met fase-aansnijding een flink vermogen aan storing produceert. Daar maakt CAPAX zich echter weinig zorgen over, de afnemer/fabrikant hoort te zorgen voor behoorlijke afscherming en ontstoring. In het geheel van commutiestoring is de bijdrage van de thyristor-regeling betrekkelijk gering.

In deze circuits worden aan de nauwkeurigheid van de weerstanden geen hoge eisen gesteld. Ze komen met een tolerantie van 10% uit de oven en dat is voor deze toepassing nauwkeurig genoeg. De thyristor of triac chips komen rechtstreeks uit de wafer op de metalen heat sink. Het contact met het geleiderframe wordt door solderen tot stand gebracht.

1) Vloeimiddel.

2) Geleidende verbinding tussen boven- en onderkant.

3) Invar en kovar zijn legeringen met een geringe uitzettingscoëfficiënt.

Verklaring van de afkortingen.

SMT = Surface Mounting Technology

SMD = Surface Mounted Device(s), onderdelen voor oppervlaktemontage

SMA = Surface Mounted Assembly, prentkaart met onderdelen in SM uitvoering

SOT = Small Outline Transistor

SOIC = Small Outline IC

LPCC = Leadless Plastic Chip Carrier, IC voor SMT

LCCC = Leadless Ceramic Chip Carrier, keramisch IC voor oppervlaktemontage

CWP-er helpt PTT uit onderdelen nood

„De oplossing was eigenlijk heel simpel”

CWP-er Arie van Gend (35) is door de Centrale Ideeënbuscommissie beloond met een bedrag van f 1.200,— voor een methode die hij heeft ontwikkeld om relais te reviseren. Zijn idee levert niet alleen een aanzienlijke kostenbesparing op, maar belangrijker is dat de PTT nu binnen veel kortere tijd dan gebruikelijk kan beschikken over schakelrelais (type draadveer relais voor elektromagnetische telefooncentrales.

En dat was broodnodig. De onderdelenvoorziening voor deze elektromagnetische telefooncentrales werden afgelopen jaren steeds slechter terwijl ze nog geruime tijd mee moeten. De laatste centrale van dit type zal namelijk pas in 2005 buiten gebruik worden gesteld. Ook de schakelrelais, van het fabriekaat BTMC (Bell Telefoon Maatschappij), waar het hier allemaal om gaat waren en zijn moeilijk te verkrijgen. Zowel in de uitvoering met één wikkeling als die met twee wikkelingen. Levertijden van anderhalf jaar waren geen uitzondering. Uiteindelijk is de produktie van deze vitale onderdelen zelfs volledig stilgelegd. De relais waren zo geconstrueerd dat ze niet te repareren waren. Het tekort aan relais werd echter zo nijpend, dat CWP het verzoek kreeg om te onderzoeken of er toch mogelijkheden waren het onderdeel te reviseren. Wanneer een dergelijke oplossing niet zou worden gevonden, moest naar alternatieve relais worden gezocht, met als consequentie dat alle aansluitingen in de centrales zouden moeten worden gewijzigd.

Een aanpassing die ongelooflijk veel tijd en energie zou gaan kosten. De vinding van Arie van Gend om het relais te reviseren heeft de bestaande problemen echter opgelost.

Op de afdeling INA 4 werd Van Gend, die al zijn halve leven bij CWP werkt, gedeeltelijk vrijgemaakt om aan het project te werken. „Het heeft drie tot vier maanden geduurd voor ik een bruikbare oplossing vond om de relais te repareren. Die oplossing is, en zo hoort het ook vind ik, uiteindelijk uitermate simpel geworden. Het spoellichaam van het relais wordt opengezaagd er komt een nieuwe wikkeling in die hier in huis wordt vervaardigd en het geheel wordt weer vastgeschroefd.

Doodeenvoudig, Maar het moet natuurlijk wel professioneel gebeuren, anders werkt het niet. We hebben de gereviseerde relais getest en het blijkt dat de revisie geen enkel nadelig gevolg heeft voor de kwaliteit en betrouwbaarheid. Ze voldoen ruimschoots aan de strenge normen van de PTT. Ikzelf heb er inmiddels al een paar honderd op deze wijze gereviseerd.”

Perfectionist in hart en nieren

Van Gend lijkt een perfectionist in hart en nieren. Hij gaat moeilijkheden niet uit de weg wanneer dat nodig is om een perfect resultaat te bereiken, zowel op zijn werk als in de privésfeer. Van Gend:

„Ik hou ervan om oplossingen voor problemen te vinden. In zekere zin is dat zelfs een hobby van me. In mijn vrije tijd doe ik bijvoorbeeld veel aan modelbouw. En dan bedoel ik niet het in elkaar zetten van kant-en-klare bouwpakketten. Nee, ik maak treinen, molens en boerderijen volgens bouwtekeningen. En eigenlijk vind ik het plezierig wanneer ik daarin een fout kan ontdekken. Of een constructie die mij niet bevalt. Want dan kan ik daar een verbetering in aanbrengen.

Voor ik werkelijk aan de slag ga kunnen er weken voorbijgaan. Ik doe namelijk pas wat als ik vind dat ik de beste oplossing gevonden heb. En in mijn werk levert die houding ook resultaten op. Zo heb ik in februari vorig jaar met een collega een schoonmaakkiezer ontworpen. Een apparaatje waarmee je op mechanische wijze contactbanken van telefoonsystemen kan reinigen.

Voorheen ging dat met de hand. Dat was tijdrovend. En, eerlijk gezegd, was het bij grote hoeveelheden nogal vervelend om te doen. Dat motiveert je natuurlijk om een oplossing te bedenken die het werk veraangenaamt.”

Van Gend waardeert het dat CWP mensen de ruimte geeft eigen initiatieven te ontwikkelen. Tegelijkertijd denkt hij dat dit CWP tevens de garantie voor de toekomst geeft.

„CWP is in staat om op veel terreinen nieuwe producten te ontwikkelen en functioneert in de praktijk als proeflaboratorium voor de PTT. In de nabije toekomst zullen wij met onze kennis op diverse markten terecht kunnen. Dat houdt in dat het werk hier gevarieerder zal worden.

Persoonlijk vind ik dat een prettig vooruitzicht”.

Uit: Communicatief (CWP), 3e jrg., nr. 1, maart 1986.