

SUMMARY

Remote control of the drinking water service system in Heerlen

In the town of Heerlen (prov. Limburg, Netherlands) the drinking water is being supplied by remote control from a central post. The reasons why remote control has been introduced are discussed. Furthermore, a survey is given of the function of this system, being a combination of controlling, signaling and measuring. The apparatuses making possible a transmission of more signals over one pair of electric conduits (by a frequency system) and those transmitting cyclically more signals and measurements are described in detail.

De afstandsbesturing van het waterleidingnet der gemeente Heerlen

1. Inleiding

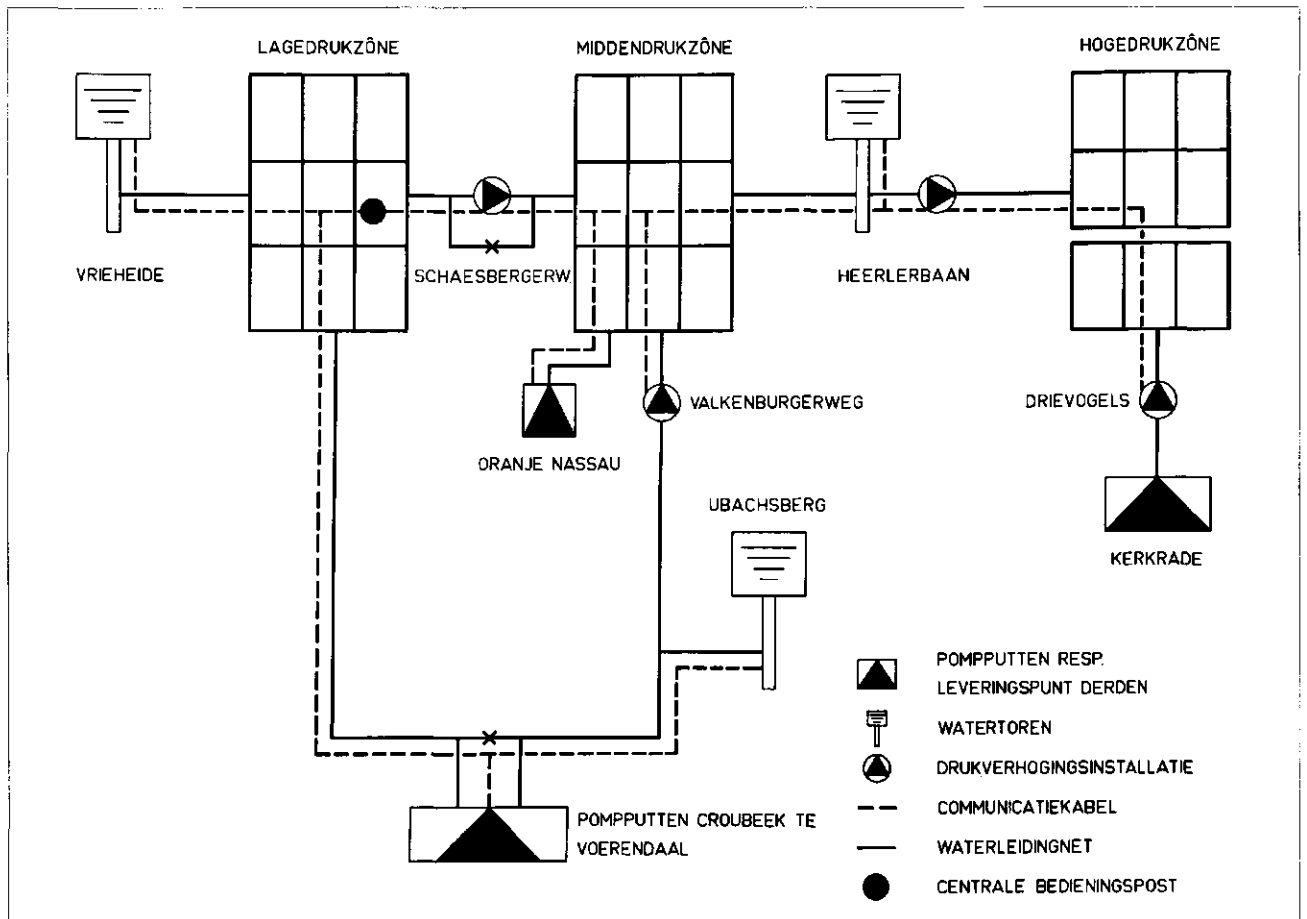
Het waterleidingnet van de gemeente Heerlen is vanwege de geaccidenteerdheid van het terrein opgedeeld in drie drukzônes. De voeding hiervan geschiedt vanuit de op ca. 6 km afstand gelegen eigen pompputten en door inkoop van derden op een punt midden in het verzorgingsgebied, terwijl een afgezonderd gebied van de hogedrukkzône (o.a. industrieterrein) gevoed wordt met zacht water uit de Eifel (Dld.) via het net van de gemeente Kerkrade.

In fig. 1 is de opbouw van het net schematisch weergegeven. Aangezien het buiten het kader van dit onderwerp ligt, zal op de wijze waarop de waterhuishouding beheerst wordt niet verder worden ingegaan, doch zal alleen volstaan worden met het vermelden van de gegevens die noodzakelijk zijn voor een juiste bedrijfsvoering (zie punt 3).

2. Waarom afstandsbediening van het waterleidingnet?

De samenvoeging van de bewaking en bediening van het

Fig. 1 - Opbouw van het leidingnet.



waterleidingnet en die van het eveneens door de gemeente Heerlen geëxploiteerde gasnet, welke voorheen gescheiden waren (het waterleidingnet vanuit pompstation Croubeek te Voerendaal en het gasnet vanuit het gasstation Meezenbroek te Heerlen) geeft een vermindering van het totaal aantal benodigde machinisten, waardoor jaarlijks een dusdanige besparing op de loonkosten wordt verkregen dat de investering in de afstandsbediening economisch verantwoord is. Het behoeft geen betoog dat met name de zich steeds weer voordoende loonstijgingen de juistheid van de beslissing tot het doen van de betreffende investering steeds duidelijker zal onderstrepen.

Bovenstaande economische overweging voor centralisatie van de bewaking van het waterleidingnet en het gasnet hield voor de technische realisering hiervan in principe twee mogelijkheden in, nl.:

de bewaking van het gasnet over te brengen naar het pompstation Croubeek te Voerendaal of

de bewaking en bediening van het waternet over te brengen naar Heerlen.

Gekozen is voor de laatste mogelijkheid, d.w.z. voor de afstandsbesturing van het waterleidingnet vanuit Heerlen en wel op grond van de volgende bedrijfstechnische en economische redenen:

- 1) omdat daardoor de centrale bedienings- en bewakingspost in de gemeente Heerlen komt te liggen en snelle informatie van de bedrijfsleiding mogelijk is;
- 2) omdat dan de afstandsbedieningen (o.a. de audiofrequentie besturing) en signaleringen (storingsmeldingen) van het eveneens door de gemeente Heerlen geëxploiteerde elektriciteitsnet op eenvoudige wijze van de brandweer naar de eigen centrale post overgeplaatst kunnen worden. Hetzelfde geldt ook t.a.v. de bestaande bewaking van het gasnet;
- 3) omdat daardoor de lokale mogelijkheid gegeven is om deze centrale post ook te benutten als meldingspost (dag en nacht) voor klachten van verbruikers;

- 4) omdat dan een toekomstige uitbreiding van signaleringen en metingen in de electriciteits-, water- en gasnetten economischer en bedrijfszekerder kan worden uitgevoerd.

Uitgaande van bovenstaande motieven tot vestiging van de centrale post in Heerlen is tenslotte, om de aanwezigheid van technisch personeel en aanvullende communicatie-apparatuur (mobilofoon) volledig te benutten, een beschikbare ruimte in het technisch dienstgebouw in het centrum van Heerlen als het meest geschikt geacht voor het onderbrengen van de centrale bewakings- en bedieningspost.

Verder zij nog vermeld, dat de $10 \times 4 \times 0,8$ communicatiekabel tussen de pompputten te Croubeek en de centrale bedieningspost 8,4 km lang is; dat de lengte van de communicatiekabel tussen de centrale post en de watertoren Vrieheide resp. het opjaagstation Drievogels 4,1 km resp. 5,9 km bedraagt (eveneens met een aderdiameter van 0,8 mm).

3. Wat wordt op afstand gemeten, gesignaleerd en bediend van het waterleidingnet?

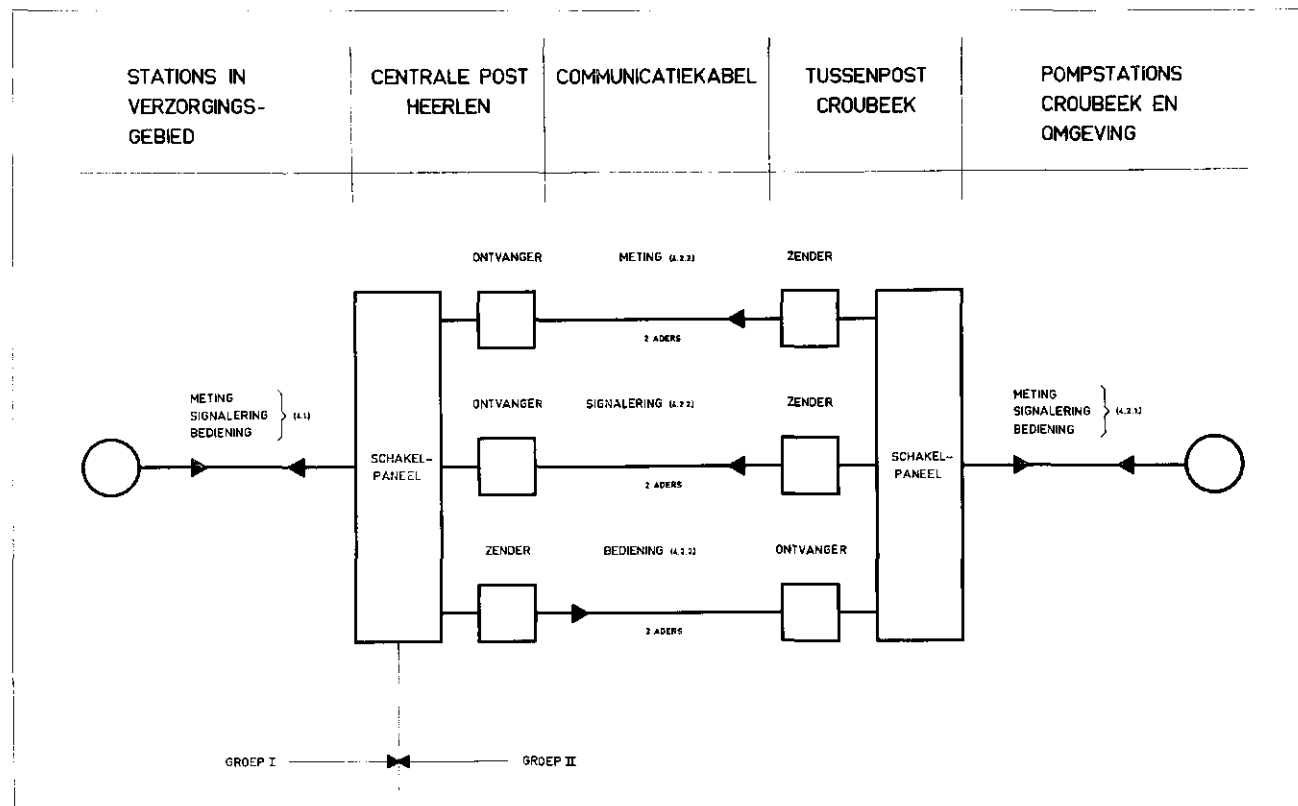
De opbouw van het net (zie fig. 1) eist, dat voor een goede bedrijfsvoering daarvan de gegevens en bedieningen volgens tabel 1 bekend, resp. mogelijk moeten zijn.

Bij de in het overzicht vermelde signaleringen en bedieningen is uitgegaan van de wenselijkheid, dat de bedieningen in ieder station geautomatiseerd en dienovereenkomstig beveiligd zijn en dat storingen in de werkwijze van het station of in de beveiliging op een paneel in het station door alarmsignalen gedetailleerd kenbaar worden gemaakt, terwijl deze storingen naar buiten slechts door één zgn. gemeenschappelijk alarmsignaal worden gemeld.

Bij een storingsmelding uit een station kan de schakelwachter dus niet, althans niet altijd direct, concluderen wat er aan de hand is.

Dit principe is aangehouden om enerzijds de anders te grote hoeveelheid over te brengen gegevens te beperken, zowel uit economische als bedrijfstechnische gronden, anderzijds omdat bij een storingsmelding uit willekeurig welk station toch

Fig. 2 - Blokschema afstandsbesturing.



een direct ter plaatse uit te voeren controle door de storingsdienst is voorgeschreven.

TABEL I - Overzicht van de over te brengen metingen, signaleringen en bedieningen van het waterleidingnet.

Groep I

1. Inkoopstation Drievogels
1 hoeveelhidsmeting; 1 signalering.
2. Watertoren Heerlerbaan
1 niveaumeting hoogreservoir; 1 niveaumeting laagreservoir; 1 signalering.
3. Opjaagstation Schaesbergerweg
2 pompen in en uit met terugmelding; 1 afsluiter open en dicht met terugmelding; 1 hoeveelhidsmeting; 1 drukmeting; 1 signalering.
4. Opjaagstation Valkenburgerweg
1 pomp in en uit met terugmelding; 1 signalering.
5. Inkooppunt Oranje Nassau
1 hoeveelhidsmeting; 1 signalering.
6. Watertoren Vrieheide
1 niveaumeting hoogreservoir; 1 niveaumeting laagreservoir; 1 pomp in en uit met terugmelding; 1 afsluiter open en dicht met terugmelding; 1 signalering (en 1 signalering voor het in de nabijheid gelegen opjaagstation voor torenflats).

Groep II

7. Waterreservoir Ubachsberg
1 niveaumeting.
8. Pompstation Croubeek
4 pompen in en uit met terugmelding; 1 signalering.
9. Pompstations omgeving Croubeek
 - a) Barrier: 3 ruwwaterpompen met terugmelding; 3 reinwaterpompen met terugmelding; 1 melding hoog en laag water in reinwaterkelder; 3 differentiaaldrukmetingen; 1 signalering;
 - b) Ransdaal: 2 pompen in en uit met terugmelding; 1 differentiaaldrukmeting; 1 signalering.
10. Transportleiding naar lagedrukzone
1 hoeveelhidsmeting; 1 drukmeting.
11. Transportleiding naar middendrukzone
1 hoeveelhidsmeting; 1 drukmeting.

4. Hoe geschieden de metingen, signaleringen en bedieningen bij de afstandsbesturing van het waterleidingnet.

Hiertoe wordt onderscheid gemaakt in 2 groepen (zie blok-schema in figuur 2).

4.1. Groep I

Het overbrengen van gegevens en bedieningen tussen de centrale post en de in het verzorgingsgebied gelegen stations (1 t/m 6 van tabel I).

4.2 Groep II

Het overbrengen van gegevens en bedieningen tussen de centrale post en de tussenpost Croubeek te Voerendaal (7 t/m 11 van tabel I).

Ad 4.1.

Aangezien het aantal aders van het aanwezige communicatiekabelnet tussen de centrale post en de diverse stations in deze groep voldoende is, vindt de overdracht van gegevens en bedieningen in deze groep plaats door continue gelijkstroommetingen en eenvoudige relaischakelingen via afzonderlijke aders (per meting één ader in combinatie met één gemeenschappelijke ader; per signalering één ader in combinatie met drie gemeenschappelijke aders; per bediening en terugmelding twee aders in combinatie met drie gemeenschappelijke aders).

In fig. 3 zijn de principe-schema's hiervan weergegeven.

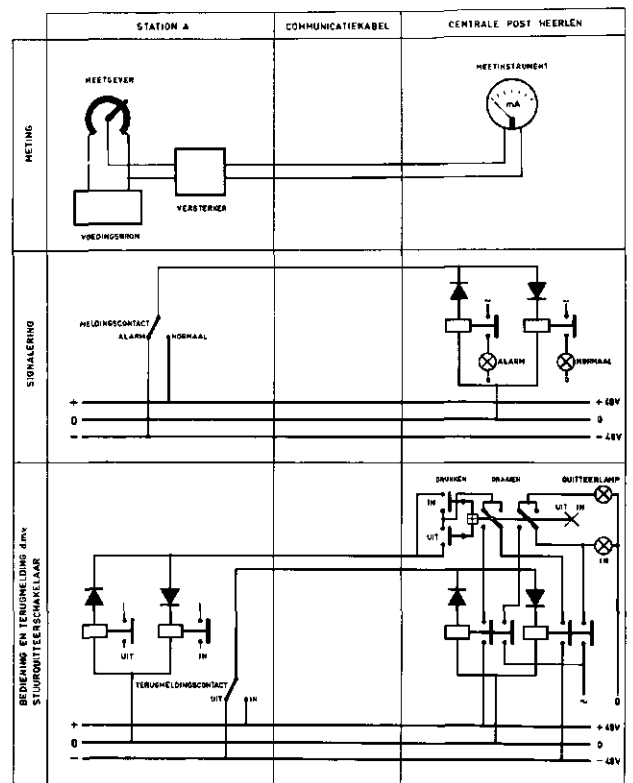


Fig. 3 - Principe-schema's met drie gemeenschappelijke aders.

De hoeveelhidsmeting op afstand geschiedt als impuls-meting d.m.v. een impulsgever (omschakelcontact) op de roterende watermeter, waarbij per omwenteling één of meerdere gelijkstroomimpuls (afhankelijk van het meetbereik) via twee aders tenslotte het telwerk van de registrerende impuls-ontvanger bekrachtigen (= Q totaal cumulatief). Door deze ontvanger wordt verder het aantal impulsen dat gedurende een vaste meetperiode van een half uur is ontvangen aan het einde van die periode (d.m.v. ingebouwd uurwerk) op de „papierrol” weergegeven (= capaciteit, gedurende voorafgaande periode).

Aangezien de betreffende ontvanger slechts reageert op afwisselende positieve en negatieve impulsen, hetgeen wordt bereikt door het omschakelcontact van de impulsgever, wordt hierdoor voorkomen dat, tengevolge van contact-trillingen van de impulsgever, foutieve gegevens zouden worden overgebracht.

Ad 4.2.

4.2.1. De overdracht van gegevens en bedieningen tussen de stations van deze groep en het als tussenpost in deze groep fungerende pompstation Croubeek, vindt op een overeenkomstige wijze plaats als in groep I. Op het schakelpaneel in pompstation Croubeek komen dus alle metingen en signaleringen aan van de tot groep II behorende stations, terwijl van hieruit alle bedieningen in deze groep kunnen worden uitgevoerd. Het tussenschakelen van een ontvangst- en bedieningspaneel in pompstation Croubeek is gekozen om bij storing in de communicatiekabel tussen Croubeek en Heerlen de productie vanuit deze tussenpost te kunnen blijven voeren (met telefonisch contact met de centrale post te Heerlen).

Voor de overdracht enerzijds van de metingen en signaleringen uit groep II vanaf het schakelpaneel van de tussenpost Croubeek naar de centrale post in Heerlen en anderzijds van de bedieningen voor groep II vanuit de centrale post naar de tussenpost, kon geen gebruik worden gemaakt van de hierboven aangehaalde conventionele methodes omdat het aantal ter beschikking staande aders in de communicatie-

kabel tussen deze posten t.a.v. de hoeveelheid over te brengen berichten te gering is. Vermenigvuldiging van het aantal aders door nieuw te leggen kabels is economisch niet verantwoord gezien de lagere kosten van de hieronder vermelde overdrachts-apparatuur, waarmee overbrenging van meerdere berichten via een zeer beperkt aantal aders mogelijk is.

4.2.2. Voor de overdracht van de berichten (signaleringen, waaronder de terugmeldingen, en metingen) uit de tussenpost Croubeek naar de centrale post te Heerlen, wordt gebruik gemaakt van een overdrachtsysteem, waarbij deze berichten cyclisch en in gecodeerde vorm (digitaal binair) over twee hulpaders worden overgebracht. Gezien het aantal over te brengen berichten en capaciteit van de door de fabrikant genormaliseerde uitvoering wordt gebruik gemaakt van twee parallel werkende installaties. Hierbij is één zender te Croubeek met één ontvanger te Heerlen gereserveerd voor de overdracht (via twee aders) van de signaleringen (normale- of alarmstanden en terugmeldingen van bedieningscommando's) en de hoeveelheidsmetingen (uitgevoerd als impuls-metingen) terwijl de andere combinatie bestemd is voor de overdracht (eveneens via twee aders) van de druk- en niveau-metingen.

Iedere combinatie van zender en ontvanger is geschikt voor de cyclische overdracht van 40 dubbel- (IN-UIT) signalen of van 10 metingen in 4 seconden. Uiteraard ware ook een gecombineerde uitvoering van metingen en signaleringen mogelijk (1 meting of 4 dubbelsignaleringen), terwijl een „kortere” cyclusduur te bereiken is onder beperking van het over te brengen aantal gegevens (b.v. 5 metingen in 2 sec.). De cyclusduur van 4 seconden is voldoende kort om de snelheid van verandering in het proces van de watervoorziening vast te leggen.

Het blokschema in fig. 4 geeft de voornaamste onderdelen met hun functie van de installatie weer.

Hierbij kan het volgende worden opgemerkt:

a) De cyclische omschakel-apparatuur op zend- en ontvangtzijde zorgt voor een naar de tijd gestaffelde overdracht van meerdere meetwaarden over éénzelfde overdrachtskanaal. Deze cyclische omschakel-apparatuur oefent dezelfde functie uit als twee stappenschakelaars, welke synchroon lopen en van meetpunt op meetpunt overschakelen.

b) Codeerder en balans.

Gedurende een zekere tijd wordt de aangelegde analoge gelijkstroom van max. 10 mA (via een filter) gemeten en omgezet in binaire numerieke impulsen („ja” of „nee”). Deze vertaling van analoog naar digitaal geschiedt door twee elektronische schakelingen t.w. door de codeerder en de balans en kan met een weging vergeleken worden. De balans vergelijkt de aangelegde gelijkstroom met de door de codeerder als „gewichten” te leveren binair geijkte referentiestromen. Het bij- of wegnemen van gewichten komt overeen met het in- resp. uitschakelen van de binair geijkte referentiestromen.

De balans, een stroomvergelijkende schakeling, bewerkstelligt het uitschakelen van een ter „weging” ontvangen referentiestroom, indien deze te hoog bevonden is. Bij deze installatie wordt iedere meting gecodeerd met behulp van zeven referentiestromen ter grootte van respectievelijk 64i, 32i, 16i, 8i, 4i, 2i en i. Door combinaties hiervan kunnen alle veelvouden van i tussen i en 127i worden gevormd.

De kleinste referentiestroom i heeft men ingesteld en geijkt op 0,1 mA, zodat de overige referentiestromen bedragen 6,4 mA; 3,2 mA; 1,6 mA; 0,8 mA; 0,4 mA en 0,2 mA.

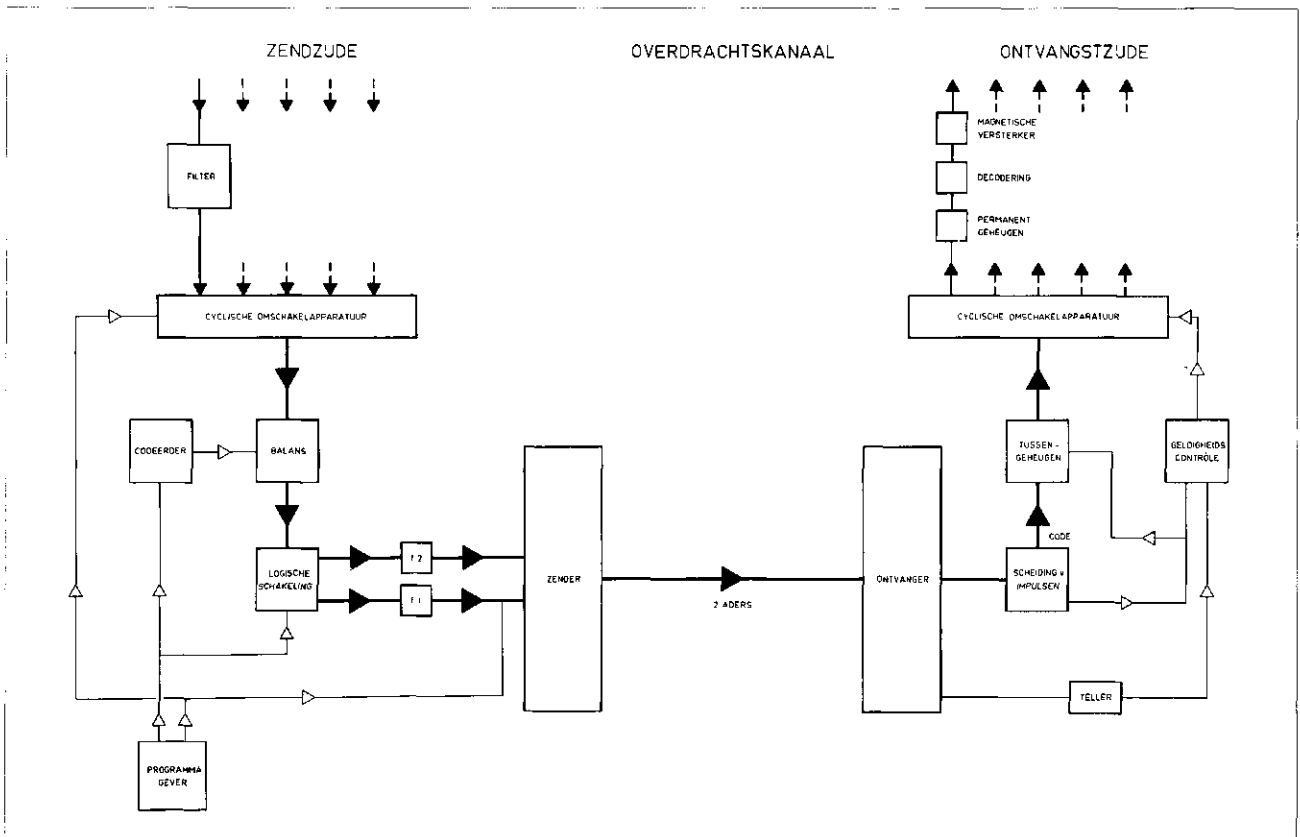
Aangezien de balans een gevoeligheidsdrempel heeft, die de helft van de kleinste referentiestroom bedraagt, is de nauwkeurigheid van deze analoog-digitaal vertaling $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{127} \cdot 100\% = 0,4\%$.

Betrokken op de max. meetstroom van 10 mA is deze 0,5%.

In fig. 5 is de digitale vertolking van een meetstroom nader uitgewerkt.

Door per signalering een beschermde code van twee impulsen

Fig. 4 - Blokschema overdrachtsapparatuur.



DIGITALE VERTOLKING VAN EEN MEETSTROOM

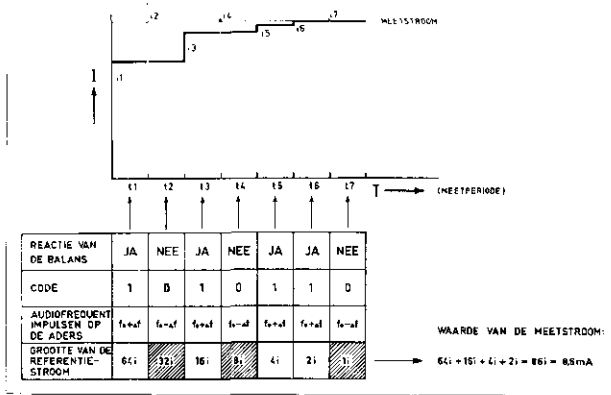


Fig. 5 - Digitale vertolking van een meetstroom.

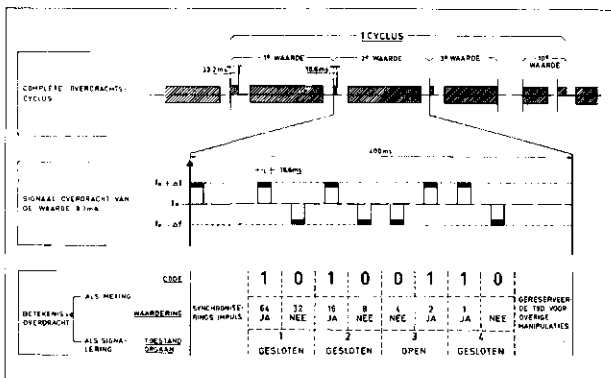


Fig. 6 - Overdrachtscyclus.

(„open” is code 01; „gesloten” is code 10; fout in hulpaders is code 00 en 11) te gebruiken is het mogelijk een cyclisch kanaal, dat afgezien van de synchroniseringsimpulsen, acht impulsen kan bevatten (bij één meting slechts zeven impulsen nodig afkomstig van de analogo-digitaal vertaling) voor vier dubbelsignaleringen te gebruiken (zie fig. 6).

c) De *programmagever* bestaat uit een impuls-vormer en impuls-verdeler, die gevoed door een oscillator met constante frequentie, de voor de procedure benodigde impulsen afgeeft, t.w. de synchroniserings-impulsen vóór iedere cyclus (lengte 33,3 ms.) en voor iedere meting (lengte 16,6 ms.) naar de cyclische omschakelapparatuur en de impulsen ter codering van de meetwaarde naar de codeerder en de „logische schakeling”.

d) De „logische schakeling” is een schakeling die bewerkstelligt dat, overeenkomstig de van de balans als „ja” of „nee” ontvangen meldingen, de $f_0 + \Delta f$ ingang of de $f_0 - \Delta f$ ingang van de zender tenslotte wordt bekrachtigd.

e) De door de *zender* uitgezonden audiofrequent impulsen $f_0 + \Delta f$ en $f_0 - \Delta f$ (impuls lengte 16,6 ms.) vereisen een kanaal met een bandbreedte van 120 Hz. ($\Delta f = 30$ Hz.). In fig. 6 is een complete overdrachtscyclus weergegeven.

f) De *ontvanger* is afgestemd op de ontvangst van impulsen met een frequentie van $f_0 + \Delta f$ en $f_0 - \Delta f$.

g) Na scheiding van de synchroniserings- en code-impulsen bepalen de *teller* met de *geldigheidscontrole* aan de ontvangtzijde of de overdracht der gegevens ongestoord heeft plaats gevonden. Indien dit niet het geval is wordt het ontvangen resultaat in het tussengeheugen niet doorgegeven aan het permanent geheugen der betreffende meting of signalering. Eveneens vindt een controle met beveiliging plaats op het niveau van ontvangst.

h) Door de *decoreerder* aan de ontvangtzijde wordt de ontvangen digitale waarde in het permanent geheugen omgezet in een overeenkomstige analoge waarde. Deze „analoge” stroom wordt tenslotte via een versterker (aanpassing aan) het aanwijzende of registrerende meetinstrument toegevoerd.

4.2.3. Voor de overdracht van de bedieningen uit de centrale post te Heerlen naar de tussenpost Croubeek wordt gebruik gemaakt van een frequentie-systeem over één aderpaar. De terugmelding der bedieningen geschiedt via de onder 4.2.2. vermelde apparatuur.

Het principeschema van één bediening met terugmelding is weergegeven in fig. 7. Iedere bedieningsoverdracht wordt verkregen door een combinatie van twee frequenties. Er zijn vier volledig getransistoriseerde zenders geplaatst die, ieder voor zich, een spanning met een frequentie van $f_0 + \Delta f$ of $f_0 - \Delta f$ ($f_0 =$ basisfrequentie) kunnen afgeven. Er zijn in totaal dus acht frequenties (f_1 t/m f_8) ter beschikking, zodat met deze vier zenders $2^4 = 16$ bedieningen mogelijk zijn, indien zoals gesteld één bediening twee frequenties vergt en de vier combinaties f_1f_2 , f_3f_4 , f_5f_6 en f_7f_8 uiteraard niet mogelijk zijn.

Als basisfrequenties zijn gekozen 1740 Hz, 1860 Hz, 1980 Hz en 2100 Hz. $\Delta f = 30$ Hz zodat de zendfrequenties zijn: 1710 Hz., 1770 Hz., 1830 Hz., 1890 Hz., 1950 Hz., 2010 Hz., 2070 Hz. en 2130 Hz.

Totale bandbreedte 480 Hz.

Aan de ontvangtzijde in de tussenpost Croubeek bevinden zich vier analoog op dezelfde frequenties afgestemde ontvangers die, afhankelijk van de uitgezonden bedieningscode, reageren en in combinatie (serieschakeling) het overeenkomende ontvangstrelijs doen aanspreken.

Voor het in- of uit-commando van één toestel wordt dezelfde

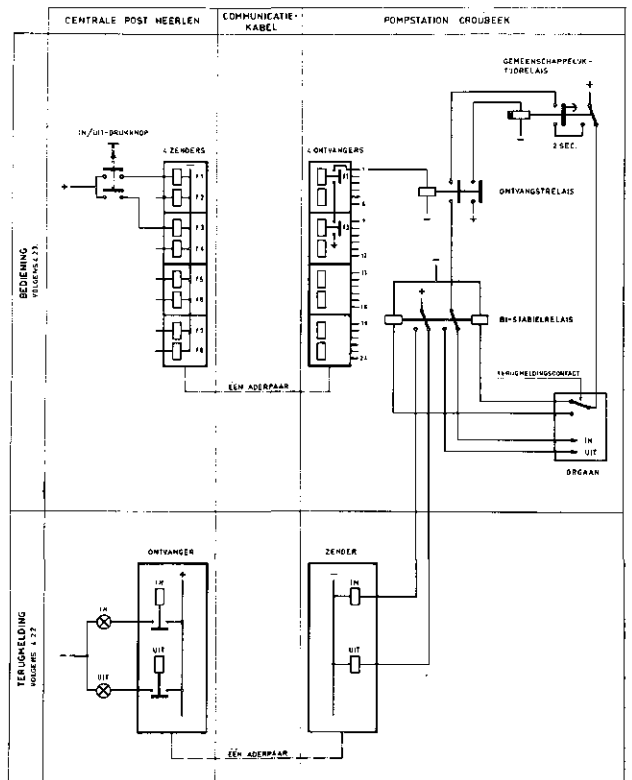


Fig. 7 - Principe bediening met terugmelding.

* aantal mogelijkheden = $\frac{m!}{(m-n)! n!}$ waarbij
 $m =$ aantal beschikbare frequenties = 8
 $n =$ aantal frequenties per bedieningscode = 2

code gebruikt, hetgeen impliceert dat of nu een in- of uit-commando wordt gegeven steeds hetzelfde ontvangstrelais zal aanspreken (derhalve 24 dubbel-commando's mogelijk). Of dit commando naar het te bedienen toestel „in” of „uit” wordt, wordt bepaald door het bijbehorende bistabiele hulp-relais, hetwelk de stand van het te bedienen toestel copieert. Het voor alle bedieningen gemeenschappelijke tijdrelais (ca. 2 sec.) vertraagt het commando enigszins om te voorkomen dat storingen op de hulpaders een ontijdig commando veroorzaken. Nadat het commando is uitgevoerd d.w.z. nadat het te bedienen toestel in de gewenste stand is gekomen, schakelt het bistabiele relais om. De stand van de contacten van dit relais en daarmee de stand van het bediende toestel wordt via de onder 4.2.2. omschreven apparatuur overgebracht naar de centrale post te Heerlen. De bedieningsknop op het paneel in de centrale post is in combinatie met de terugmelding uitgevoerd als stuurquitterschakelaar overeenkomstig fig. 3.

5. Uitvoering

Het gehele project der afstandsbesturing is door de eigen dienst gepland en uitgewerkt t/m de bedradingsschema's, waarbij gebruik werd gemaakt van de door de fabrikant van de overdrachtsapparatuur ter hand gestelde specifieke gegevens en principe-schema's.

De panelen in de diverse stations zijn aan de hand van de door eigen dienst vervaardigde constructietekeningen door

Dassen Elektrotechniek N.V. te Stein gefabriceerd, bedraad en opgesteld.

Fig. 8 toont een foto van het paneel in de centrale post.

Alle overige bouw- en montagewerkzaamheden zijn geheel in eigen beheer uitgevoerd.

De overdrachts-apparatuur voor de metingen, signaleringen en bedieningen (vermeld onder 4.2.2. en 4.2.3.) alsmede de diverse meetgevers, relais en registrerende meetinstrumenten zijn geleverd door de Meterfabriek te Dordrecht en zijn van het fabriekaats Compagnie de Compteurs te Montrouge.

Fig. 9 is een foto van de ontvanger voor metingen van de overdrachtsapparatuur. De elektronische circuits en relais zijn gemonteerd op draaibare rekken. De voedingsapparatuur, de filters en magnetische versterkers zijn gemonteerd op de achterzijde van de kast. Alle onderdelen blijven derhalve volledig bereikbaar.

Fig. 9 - Ontvanger voor metingen van de overdrachtsapparatuur.

Fig. 8 - Paneel in de centrale post.

