

Bedrijfszekerheid

1. Inleiding

Het begrip bedrijfszekerheid is moeilijk exact te omschrijven en bevat in zijn gevoelswaarde meer dan het omgekeerde van storingen. Geen wonder dat de meetbaarheid zeker problemen geeft. Een keurige gesloten regelkring, die de bedrijfszekerheid nauwkeurig op de gewenste waarde houdt, is dan ook helaas nog niet beschikbaar. Als eerste wordt in dit artikel ingegaan op de verschillende factoren die de bedrijfszekerheid kenmerken. Hierna worden



IR. A. VAN TUSSENBROEK
Elektrotechnisch
Installatiebedrijf
Batenburg BV, Rotterdam

enkele technieken besproken, waarmee het beoogde doel kan worden benaderd. Zoals veelal het geval is spelen de kosten, die aan de verschillende mogelijkheden verbonden zijn een overheersende rol bij de te kiezen oplossingen.

2. Begripsbepaling

Aan de elektronica ontleen we de volgende omschrijving van bedrijfszekerheid, die alle factoren omvat, welke ook in een bedrijf hiervoor bepalend zijn. 'Bedrijfszekerheid is de waarschijnlijkheid dat een onderdeel of systeem in een bepaalde periode, onder bepaalde condities, op de juiste wijze zal functioneren'. De betekenis van de verschillende gebruikte termen kan als volgt worden verklaard:

2.1. De faktor 'waarschijnlijkheid'

Allereerst blijkt de term 'waarschijnlijkheid' te worden gebruikt. Alleen al het noemen hiervan houdt in, dat 100 % zekerheid voor een juiste funktionering onmogelijk is en dat altijd met een bepaalde uitvalkans rekening moet worden gehouden.

Het volgende rekenvoorbeeld geeft een indruk van de betekenis:

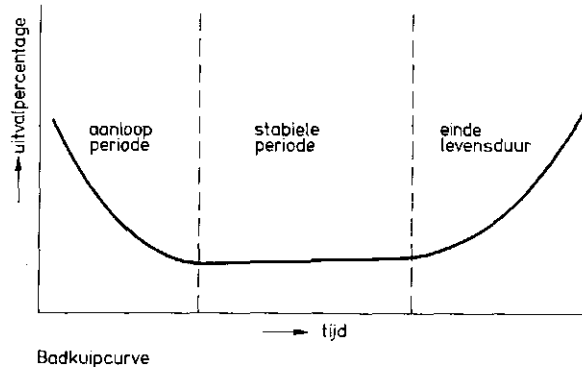
Stel dat een apparaat gemiddeld ca. 1 jaar (te stellen op 10.000 uur) zonder storing moet werken.

Dit betekent, dat een 'failure-rate' van 10^{-4} wordt verlangd. In een periode van ca. 1 maand (te stellen op 1000 uur) is dan de de bedrijfszekerheid:

$$e^{-t/T} = e^{-1000/10.000} = e^{-1/10} \approx 0,90$$

D.w.z. het apparaat heeft 10 % kans op een storing binnen 1000 uur.

Indien nu dit apparaat 1000 onderdelen bevat; waarvan we aannemen dat ze alle een gelijke bedrijfszekerheid hebben, dan is



Badkuipcurve.

om dezelfde bedrijfszekerheid voor het apparaat te bereiken als boven al een 'failure-rate' van de onderdelen nodig van $10^{-4} \times 10^{-3} = 10^{-7}$ (dus gemiddeld 1 storing per 1000 jaar. Behalve dat speciale technieken en grote aantallen nodig zijn om dit te konstateren, betekent dit, dat al behoorlijk zware eisen aan de onderdelen worden gesteld om een uitvalkans van 10 % per maand te bereiken.

Een 'full'- en 'fool-proof' installatie is dus onhaalbaar en de benadering ervan voor 99,9 % is onbetaalbaar. Gestreefd moet worden naar een aanvaardbaar compromis tussen de wenselijke bedrijfszekerheid enerzijds en de kosten anderzijds.

Een waterleidingbedrijf kan echter niet alleen op de kosten afgaan, maar moet rekening houden met de eisen op het gebied van gezondheidszorg en publieke dienstverlening, die vrijwel niet in geld zijn uit te drukken, maar in ieder geval leiden tot hogere normen voor de bedrijfszekerheid dan in het bedrijfsleven veelal gebruikelijk. In de ontwerpfase zal daarom bij vele onderdelen van de produktielijn overleg nodig zijn over de gewenste bedrijfszekerheid enerzijds en de hieraan verbonden kosten anderzijds.

2.2. De faktor 'tijd'

In onze omschrijving wordt de bedrijfszekerheid vervolgens gerelateerd aan 'een bepaalde periode', dus aan een zeker tijdsbestek.

De waarschijnlijkheid van het juist functioneren is namelijk geen konstant gegeven, maar verandert met de tijd.

Onderscheiden kunnen worden:

- aanlooperperiode
- stabiele periode
- einde levensduur

(zie afbeelding).

In de *aanlooperperiode*, na de inbedrijfstelling, worden we geconfronteerd met initiële mankementen in de systemen en apparatuur.

Het aantal storingen is aanvankelijk groot en extra waakzaamheid is nodig, alsmede regelmatige terugkoppeling naar de ontwerpafdeling.

Voor in deze periode, die voor een drinkwaterbedrijf van enige omvang zeker op een jaar kan worden gesteld, is een nauwgezette analyse en registratie van de optredende storingen gewenst.

Bij de analyse kunnen we onderscheid maken tussen de systematische en zuiver initiële fouten, die verschillend moeten worden aangepakt.

Tijdens de aanlooperperiode is een overmaat aan technische beveiligingsmaatregelen en informatiebronnen geen luxe, teneinde niet alleen de continue leverantie van goed drinkwater te waarborgen, maar ook voldoende informatie te kunnen verzamelen. Na stabilisering van de toestand kan dan de overmaat aan beveiligingen, bedieningsmogelijkheden en informatie worden ingeperkt tot de optimaal voor het bedrijf benodigde voorzieningen.

Immers elke voorziening op zichzelf is wederom een potentiële storingsbron; inperking tot het strikt noodzakelijke is daarom wenselijk.

In de nu volgende *stabiele periode* van het bedrijf kan de effectuering van de onderhoudsdienst gestalte krijgen, mede aan de hand van onderhoudschemas, registratie van bevindingen en vastlegging van de benodigde tijd voor het verhelpen van de defekten.

Door slijtageprocessen zal hierna de kans op storingen geleidelijk toenemen totdat zij dermate hoog is opgelopen dat vervanging noodzakelijk is om de gewenste bedrijfszekerheid te handhaven.

Dit tijdstip kan gedefinieerd worden als

'einde levensduur'.

Opgemerkt moet nog worden, dat voor apparaten, typerend voor regel- en stuurtechnieken, dikwijls vervanging nodig is, voordat dit op grond van slijtage vereist is. De snelle ontwikkeling van dit soort apparatuur leidt namelijk tot een eveneens snelle technische veroudering. Na een aantal jaren blijken de voor het onderhoud benodigde onderdelen vaak niet meer leverbaar, evenmin als complete identieke apparaten, benodigd voor uitbreidingen. Bij de huidige stand van de techniek kan de normale technische levensduur van de instrumentatie op 5 tot 15 jaar geschat worden, wat een aanmerkelijk kortere periode inhoudt, dan normaal voor het totaal van een drinkwaterbedrijf wordt aangehouden.

2.3. De faktor 'condities'

Als laatste komt in de omschrijving van bedrijfszekerheid de faktor 'condities' als beperking aan de orde.

Hieronder verstaan we in de eerste plaats de omgevingscondities van de bedrijfsapparatuur, zoals temperatuur, vochtigheid en aanwezigheid van corrosieve stoffen. Door geschikte maatregelen zoals ventilatie, verwarming en overdruk in schakelkasten kan de invloed vergaand geëlimineerd worden. Moeilijker is dit voor corrosieve invloeden, voortvloeiende uit de samenstelling van het 'ruwe water', de invloed hiervan is dikwijls pas na enige tijd vast te stellen en kan tot de keuze van andere apparatuur leiden.

Een tweede belangrijke plaats wordt hier naast ingenomen door het werkgebied van de apparatuur, dus de werkkondities. Deze worden bepaald door:

- de kwaliteitsgrenzen van de grondstof, het ruwe water;
- de kwaliteitsgrenzen van het eindprodukt, het reine water;
- onder- en bovengrenzen van de te produceren hoeveelheid water;
- onder- en bovengrenzen van de te distribueren hoeveelheid water.

De kwaliteitsgrenzen worden, om begrijpelijke redenen, zeer nauw gehouden, terwijl de neiging bestaat de grenzen van de hoeveelheden ver uit elkaar te leggen.

Bij de vaststelling hiervan dient men zich echter goed te realiseren dat ruime grenzen ook kostbare en gekompliceerde voorzieningen meebrengen, waardoor de bedrijfszekerheid kan worden verkleind in plaats van vergroot.

Het is zinvol een splitsing te maken in:

- normaal werkgebied;
- uitzonderingstoestanden;
- calamiteiten.

Binnen het normale werkgebied kan zeer goed en bedrijfszeker vergaand geautomatiseerd gewerkt worden.

In de zelden voorkomende gevallen van overschrijding van de normale condities (uitzonderingstoestanden) kan dan op een lager niveau van automatisering worden overgeschakeld, eventueel met inzet van meer personeel.

In het geval van calamiteiten tenslotte zal men de normale eisen moeten verlaten en overgaan op minimaal aanvaardbare normen.

Bescherming en beveiliging tegen lijfsgevaar blijft natuurlijk ook bij calamiteiten vereist.

3. Beïnvloedingsfactoren

De beperkingen, waaraan de 'bedrijfszekerheid' onderhevig is houden in, dat elk onderdeel, ook het betrouwbaarste, op een willekeurig moment kan uitvallen.

Het is bovendien mogelijk, dat wanneer een storing optreedt in een hoog geautomatiseerd productieproces geen of weinig bedienings- en onderhoudspersoneel aanwezig is.

Vervanging van defekte onderdelen of apparatuur is dus niet altijd snel mogelijk. Desondanks wordt toch geëist, dat de levering van drinkwater in de juiste hoeveelheid, onder de juiste druk en in de juiste kwaliteit gewaarborgd is.

Om dit te bereiken zijn een aantal voorzieningen en maatregelen nodig, die als volgt kunnen worden onderverdeeld.

1. Beveiligingen.
2. Signaleringen en registraties.
3. Vergrendelingen.
4. Meervoudige uitvoering van procesinstrumentatie.
5. Onderhoud.

De inzet en deskundigheid van bedrijfsleiding en 'operators' spelen natuurlijk eveneens een niet te onderschatten rol bij de voorziening en maatregelen; de menselijke inventiviteit is nog steeds onvervangbaar. Bespreking hiervan valt echter buiten het kader van deze technische beschouwing.

4. Beveiligingen

Beveiligingen hebben als achtergrond, dat weliswaar storingen niet kunnen worden voorkomen, maar wél de gevolgen ervan kunnen worden ingeperkt en zo een snel herstel naar de normale toestand kan worden bewerkstelligd.

Een goede beveiliging moet aan de volgende criteria beantwoorden:

— De beveiliging moet *selectief* zijn, dat wil zeggen alleen het defekte gedeelte wordt uitgeschakeld.

— De beveiliging moet *zodanig zijn* gedimensioneerd, dat de *schade beperkt blijft* of wordt voorkomen aan de apparatuur.

— De beveiliging moet voorkomen, dat *gevaar voor lichamelijk letsel* ontstaat.

4.1. Selectiviteit en schadebeperking

Selectiviteit is reeds lang gebruikelijk in elektriciteitsnetten, waar door middel van een staffeling in de aanspreekwaarden van de beveiliging het beoogde doel wordt bereikt.

Een zeer ver doorgevoerde beveiliging, bijv. door alles te beschermen, is echter behalve bijzonder kostbaar, evenmin altijd raadzaam vanuit het oogpunt van bedrijfszekerheid. Immers de beveiligingen zelf zijn ook potentiële storingsbronnen, die in grote aantallen toegepast de kans op storingen uiteindelijk kunnen vergroten in plaats van verkleinen. Het komt zelfs voor dat, in exceptionele gevallen geheel wordt afgezien van beveiligingen van procesdelen. Dit kan natuurlijk alleen als toch voldoende bescherming tegen calamiteiten en lichamelijk letsel blijft bestaan en eventueel een grotere schade dan normaal aan de apparatuur wordt geaccepteerd.

Ook komt het voor, dat selectiviteit ongewenst is, bijv. bij een buisbreuk achter een pompstation. In dat geval zal juist in plaats van één apparaat een groter geheel moeten worden uitgeschakeld.

Afweging van de belangen heeft daarom prioriteit boven het selectiviteitskriterium.

Na het in werking treden van beveiligingscircuits is het altijd noodzakelijk eerst de oorzaak op te sporen en mag ook niet zonder meer opnieuw ingeschakeld worden met een 'herstelde' beveiliging.

Het zou niet de eerste keer zijn, dat door herhaald inschakelen het te beveiligen apparaat tenslotte toch kapot gaat, een en ander tot schande van het bedieningspersoneel en tot vreugde van de reparateurs.

4.2. 'Fail-safe' beveiligingen

Verband houdend met het optreden van de beveiligingsapparatuur zelf als bron van storingen is de wens dat deze 'fail-safe' of intrinsiek-veilig is, waaronder we verstaan dat het apparaat zelf automatisch, bij een inwendig defekt, naar een veilige toestand schakelt.

Indien dit niet het geval is, wordt namelijk bij een storing aan het beveiligingsapparaat de beveiliging in feite buiten bedrijf

gesteld, terwijl we denken dat de beveiliging nog volledig paraat staat.

Een klassiek voorbeeld van een niet intrinsiek-veilig apparaat is de maximum-drukbeveiliging met behulp van een membraan-drukdoos.

Indien het membraan defekt raakt, bijv. door een perforatie, werkt het schakelkontakt niet meer en is de beveiliging niet meer paraat.

Zijn tegenhanger de minimum-drukbeveiliging is echter wél intrinsiek-veilig, want bij een perforatie van het membraan schakelt het kontakt. De beveiliging werkt dan wel ten onrechte, maar naar de veilige kant. Wil men bij toepassing van een niet intrinsiek veilig beveiligingsapparaat toch zeker zijn van de beveiliging dan moet het betreffende instrument in meervoud worden aangebracht.

De meest gebruikelijke vormen hiervoor zijn, òf ten eerste het zogenaamde 1 uit 2-systeem, òf ten tweede het zogenaamde 2 uit 3-systeem.

Bij het eerste worden de kontakten van de 2 instrumenten in serie geschakeld, zodat bij verbreken van één kontakt de beveiliging werkt; bij het tweede wordt pas geschakeld als 2 van de 3 instrumenten daartoe een kommando geven, de meerderheid beslist dus.

Het laatste systeem is het veiligste en betrouwbaarste, maar natuurlijk ook het kostbaarste.

4.3. *Kontrole*

Een volgende consequentie van beveiligingen als potentiële storingsbronnen is, dat periodieke controle op de goede werking nodig is.

De voorzieningen voor periodieke controle kunnen ingebouwd worden door overbruggingsmogelijkheden van de beveiliging aan te brengen, tesamen met testfaciliteiten. Na het overbruggen kan controle op de werking plaatsvinden, zonder het bedrijf te storen.

Dit mag natuurlijk alleen gebeuren door vakkundig personeel en eerst nadat de procesoperator gewaarschuwd is. Een verfijning is nog te realiseren door het aanbrengen van speciale testklemmen en eventueel een 'testschakelaar'. Incidentele controle van gehele procesgedeelten is mogelijk bij een gedeeltelijke proces-stop voor onderhoud.

4.4. *Optische signalering en 'herstellen' van de beveiliging*

Het 'aanspreken' van beveiligingen dient herkenbaar te zijn. Ter plaatse kan dit gebeuren door een optische signalering, bijv. een naar voren springend knopje of een rood vaantje en op afstand met behulp

van aangebouwde hulpkontakten. Het storing zoeken wordt hiermee aanmerkelijk vereenvoudigd.

Na een storing moet de beveiliging eenvoudig opnieuw ingezet kunnen worden, òf door hem te vervangen zoals bij smeltveiligheden het geval is, òf door een hersteldrukknop. Zelfherstellende beveiligingen zijn zeker in een geautomatiseerd bedrijf gevaarlijk, daar dan zonder meer opnieuw ingeschakeld kan worden.

4.5. *Mechanische beveiligingen en werkschakelaar*

Tot nu toe is uitgegaan van in hoofdzaak elektrische beveiligingsapparatuur, maar ook mechanische beveiligingen, zoals slipkoppelingen, breekpennen en torsiekontakten behoren tot dit terrein. Men dient wel te beseffen, dat dit soms zelfherstellende beveiligingen zijn.

Een mechanische beveiliging, die bewust handbediend is gemaakt, is de werkschakelaar, die in elektrische voedingen of stuurstroomcircuits is aangebracht. Maar deze dient dan ook uitsluitend voor beveiliging tegen lichamelijk letsel en moet altijd bewust worden gebruikt.

4.6. *Uitvallen energievoorzieningen*

Zoals al bij het ontwerp besproken, zal ook aan de gevolgen van het uitvallen van de energievoorziening veel aandacht moeten worden besteed.

De beveiligingssystemen moeten ook dan intact blijven en zullen daarom meestal volgens het 'ruststroom principe' worden uitgevoerd.

De voorzieningen moeten bovendien zodanig zijn, dat het uitgevallen procesdeel nog tijdig automatisch naar een veilige toestand wordt geschakeld. Welke toestand dit is, hangt af van de situatie. In de leidingen zullen sommige kleppen of schuiven dichtgestuurd en andere juist geopend moeten worden. Het gehele procesverloop dient op deze aspecten te worden nagegaan.

4.7. *Algemene aspecten*

In het geheel van de proces-instrumentatie moet de beveiliging een aparte plaats innemen, naast de normale bedrijfsinstrumentatie. Het op één of andere wijze koppelen van de beveiligingen aan de normale bedrijfsinstrumentatie kan tot gevolg hebben, dat bij storingen aan de laatste ook de beveiliging niet meer werkt, terwijl dan juist actie verwacht wordt.

Een toenemende mate van automatisering zal in het algemeen gepaard gaan met een sterke groei van beveiligingssystemen. Alhoewel de algemene regels zoals omschreven, nuttig zijn, blijft de beoordeling

van de te nemen maatregelen een kwestie van praktijkervaring, deskundigheid en afweging van de kosten.

5. *Signalering en registratie*

Signaleringen geven het bedieningspersoneel een inzicht in de actuele bedrijfstoestand en brengt hen op de hoogte van optredende ongewenste situaties.

Bij het onderwerp beveiligingen is al gewezen op de noodzaak van signalering van storingen.

Meestal zullen deze zowel in de direkte omgeving (lokaal), als centraal gesignaleerd worden.

Vooraf voor centrale signaleringen zijn in de afgelopen jaren een aantal ingenieuze schakelingen en apparaten ontwikkeld, die al naar gelang de grootte van de installatie en de mate van automatisering hun toepassingen hebben gevonden.

Voor een klein aantal signaleringen kan nog met een eenvoudig lampje, meestal rood, worden volstaan, maar bij enige omvang wordt dit al aangevuld met een klaxon voor die storingsmeldingen die voor het proces van vitaal belang zijn.

Afhankelijk van de behoefte vindt nog een aanvulling plaats met bijv. zwaailichten om een gevaarsituatie aan te duiden.

Om het opzettelijk irriterende getoeter en lichtgeflits te stoppen is dan een centrale afstelknop noodzakelijk.

Bij een uitgebreide installatie moet tevens een nieuw optredende storing duidelijk onderscheiden kunnen worden, daar meestal wel meer dan één lampje zal branden. Dit onderscheid is bijv. mogelijk door een snel knipperen van het betreffende lampje, wat door een druktoets tot rust kan worden gebracht.

Ook andere vormen zijn mogelijk, bijv. de zogenaamde quiteerschakelaar en gecombineerd met een bedieningshandeling de stuurquiteerschakelaar, zoals gebruikelijk voor hoogspanningsnetten.

In de meest gebruikelijke vorm worden de besproken storingsignaleringen compact samengebouwd in een verzameltableau, zodat een overzichtelijk geheel ontstaat.

De laatste jaren is qua techniek een duidelijke voorkeur voor elektronische systemen merkbaar, die de relais vrijwel verdrongen hebben.

Het is overigens lang niet altijd nodig of gewenst alle storingsmeldingen separaat centraal over te brengen. Voor een groot aantal sekundaire storingsmeldingen kan worden volstaan met een bundeling.

Ter plaatse, met de lokale signalering kan dan worden nagegaan wat er precies aan de hand is.

Gloeilampjes hebben, helaas, een zeer beperkte levensduur. Bij continu branden op

nominale spanning zal een lampje met 1000 branduren het niet langer dan 6 weken uithouden, tenminste als geen trillingen aanwezig zijn en de warmteafvoer goed is. Door spanningsverlaging kan de levensduur verlengd worden, maar de lichtopbrengst vermindert dan sterk.

Het is overigens niet nodig storingslampjes permanent te laten branden, als het betreffende apparaat voor lange tijd buiten bedrijf of in onderhoud is. Uitschakelen verlengt de levensduur van het lampje en verhoogt de waakzaamheid, want bij te veel brandende rode lampjes verslapt de aandacht.

In ieder geval is een centrale testknop voor alle lampjes nodig om te controleren of de lampjes nog heel zijn.

Sommige procesdelen hebben de eigenschap dat bij storing van één onderdeel het geheel uitvalt, bijv. een diesel. Een aantal lampjes gaan dan vrijwel tegelijk branden, zodat de storing niet meer exakt te lokaliseren valt. Om dit te verhelpen zijn schakelingen met een 'geheugen' ontworpen, die de juiste volgorde van de optredende storingen aangeven.

In een geperfectioneerde vorm worden de storingen in de juiste volgorde uitgetypt op een zogenaamde 'event-recorder' (gebeurtenissen-schrijver). Dit kan zowel in kode, als in een vooraf geprogrammeerde tekst, gekombineerd met een opgave van het tijdstip.

Dit automatisch vastleggen van de storingen helpt tevens de bedrijfsleiding indien de 'operator' vergeet het logboek in te vullen. Een verdere vervolmaking is mogelijk door geen centraal storiingstableau meer te gebruiken, maar de melding in tekstvorm, met vermelding van de tijd, op een beeldbuis te laten verschijnen.

Tegelijkertijd kan men dan op een ander beeldscherm het gewenste deel blindschema oproepen, eventueel met vermelding van de tekeningnummers of instructies, die geraadpleegd moeten worden.

Door middel van een toetsenbord kunnen vervolgens andere gegevens, bijv. meetwaarden, worden opgevraagd, eventueel zelfs het grafisch verloop met de tijd en de nodig geachte instructies worden gegeven.

Vanzelfsprekend worden intussen, niet alleen de storingen, maar ook de handelingen automatisch uitgetypt; naar keuze tesamen met een aantal meetwaarden, voorafgaande aan de storiing.

We zijn dan natuurlijk inmiddels de eenvoudige storiingssignaleringen al vergeten en denken in komputer-gestuurde systemen. Behalve voor storingen, kunnen de besproken signaleringen en registraties zeer goed worden gebruikt om deze te voorkomen. Dit in de vorm van vóórsignaleringen bij de nadering van een gevarezone. De signalering werkt dan *preventief* en geeft een

gevaarlijke trend aan, die kan worden aangevuld met registratie van meetwaarden.

Ook voor dit onderwerp geldt dat vooraf een keuze moet worden gemaakt van het toe te passen systeem, waarin een aanvaardbaar kompromis moet worden gevonden tussen de wensen en de beschikbare financiële middelen.

6. Vergrendelingen

De grens tussen vergrendelingen en beveiligingen is niet altijd even scherp te trekken. Immers vergrendelingen zijn er op gericht onjuiste handelingen te blokkeren, wat nogal eens gekombineerd wordt met beveiligingsfuncties.

De opdracht voor een onjuiste handeling kan zowel van menselijke zijde of door een automatisch werkend apparaat gegeven worden.

Vooral in zogenaamde volgordeschakelingen wordt de techniek van vergrendelen veelvuldig toegepast; hierbij wordt een volgende handeling geblokkeerd als de voorgaande niet korrekt is uitgevoerd.

Volgordeschakelingen komen bij waterleidingbedrijven in grote aantallen voor, zoals start- en stopprocedures van diesels en pompen, spoelen van filters, etc. Ze lenen zich bij uitstek voor automatisering, wat vooral de laatste jaren in veel gevallen elektronisch gebeurd. De schakeling kan dan of vast geprogrammeerd of vrij programmeerbaar worden uitgevoerd.

Op de merites hiervan ingaan voert te ver in de ontwerptechniek, zodat we ons zullen beperken tot enkele bedrijfszekerheidsaspecten.

Bij handbediende installaties kunnen met vergrendelingen zogenaamde 'fool-proof' schakelingen worden opgebouwd, die bescherming bieden tegen bedieningsfouten. Na het indrukken van een foutieve knop gebeurt er niets, zodat storingen worden voorkomen.

Als de volgordeschakeling automatisch wordt doorlopen is een looptijdbewaking nodig. Bij het overschrijden van de bekende looptijd van de te doorlopen cyclus wordt een signaal gegeven, waaruit af te leiden is, dat de voortgang waarschijnlijk door een vergrendeling is geblokkeerd, of dat de volgordeschakeling defekt is. Een eenvoudig te bedienen handbesturing, naast de automatische, is dan ook wenselijk.

Hiernaast is het aan te bevelen om de apparatuur zelf te voorzien van een noodhandbesturing, buiten de programmering en vergrendelingen om. Dit om blokkeringen op te kunnen heffen en het apparaat, bijv. een klep of schuif separaat te kunnen testen. Dit mag natuurlijk alleen door deskundig personeel plaatsvinden en na overleg met de operator.

Bij het toepassen van getransistoriseerde schakelingen moet opgepast worden voor enkele typische eigenaardigheden, die deze in veel gevallen bezitten.

In de eerste plaats is de ingang veel gevoeliger voor toevallige signalen dan relais. Tegen deze stoorsignalen moet dus bescherming aanwezig zijn, bijv. door de transistor-ingang galvanisch te scheiden van de signaalingang door Reed-relais.

Veel computerschakelingen zijn er vervolgens op gebaseerd dat de voorwaarden na elkaar worden afgetast. Als dus één van de voorwaarden na het aftasten, maar binnen de cyclus van waarde verandert, wordt dit niet bemerkt en toch het uitvoeringskommando gegeven.

Ook zijn transistoren niet 'fail-safe', als ze defekt raken worden ze meestal volledig geleidend en indien dit de eindtransistor treft die het uitgangsrelais bedient, kan een gevaarlijke situatie ontstaan.

Een separate beveiliging, buiten de volgordeschakeling om is nodig, elektrisch en ook liefst mechanisch.

Bij getransistoriseerde schakelingen moet de veilige werking dus extra aandacht hebben en mede gewaarborgd zijn door mechanisch werkende beveiligingen, die niet in de getransistoriseerde schakelingen zijn opgenomen.

Tenslotte nog enkele opmerkingen over het ontwerp. Als in het bedrijf een aantal identieke of nagenoeg identieke systemen voorkomen, zoals filters en pompen, is het uit kostenooptpunt verleidelijk om met één centrale programma-eenheid te volstaan, die voor alle parallele systemen wordt gebruikt.

Uit bedrijfszekerheidssooptpunt is dit echter af te raden. Beter is het elke eenheid zoveel mogelijk afzonderlijk op te bouwen, tot het punt bereikt is waarop combinatie niet langer te vermijden is. Immers alleen zo wordt de opbouw van het bedrijf optimaal gehonoreerd, waar ook niet voor niets op parallel werkende systemen is overgegaan. Het centrale gedeelte zal veelal dubbel worden uitgevoerd en worden voorzien van een eenvoudig te bedienen handbesturing.

7. Meervoudige uitvoering van procesinstrumentatie

Meervoudige uitvoering van regel- en stuurapparatuur, waardoor bij storiing de taak door een identiek systeem kan worden overgenomen, is ongetwijfeld de meest effectieve maar ook de kostbaarste oplossing, die daarom pas in laatste instantie zal worden gekozen.

Voor een beoordeling van het geval waarin meervoudige uitvoeringen gerechtvaardigd zijn, moet vluchtig worden ingegaan op het proces.

Een drinkwaterproduktiebedrijf voor de

behandeling van oppervlaktewater kan ruwweg in 3 delen worden onderscheiden, die vanuit bedrijfszekerheid ieder een eigen aanpak vragen.

Deze delen zijn:

- reinwateropslag en -distributie;
- waterbehandeling;
- ruwwateropslag.

In deze volgorde vormen de delen een dalende reeks voor de eisen aan betrouwbaarheid en bedrijfszekerheid.

7.1. Reinwateropslag en -distributie

De hoogste eisen worden gesteld aan de continuïteit van de waterdistributie, dus aan het hogedruk pompstation met de erbij behorende voorzieningen. Dit betekent, dat de energievoorziening hiervoor gewaarborgd moet zijn, maar de bespreking hiervan is een onderwerp apart.

Gezien de gestelde eisen is een dubbele uitvoering van centrale gedeelten van bewaking, besturing en regelingen zeker op zijn plaats. Uitgaande van een hoge graad van automatisering, waarbij de pompen automatisch geregeld worden is het aan te bevelen bij storting een automatische overschakeling op een reserve regel- en stuur-eenheid te bewerkstelligen. De 2 eenheden zijn dan normaal beide operationeel en de gegevens worden steeds met elkaar vergeleken, maar slechts één eenheid geeft de commando's. Naast de automatische sturingen en regelingen is nog een goed beveiligende en eenvoudig te bedienen handsturing vereist.

Daar de pompen meestal op druk worden geregeld moet de meting hiervan zeker meervoudig aanwezig zijn. Behalve bij eventuele storingen zullen ze namelijk ook periodiek voor onderhoud buiten bedrijf zijn. Als de uitgaande leidingen meervoudig zijn uitgevoerd, onderling kunnen zijn verbonden en alle zijn voorzien van een drukmeting, is in principe al een meervoudige meting aanwezig, als tenminste de drukken identiek worden gehouden.

Voor de hoeveelheidsmeting gaat dit niet op, daar de totale hoeveelheid drinkwater verkregen wordt door sommering van de hoeveelheden van de uitgaande leidingen. Voor de continuïteit van de waterleverantie is de meting echter van sekundair belang, als op druk wordt geregeld. Dubbele uitvoering wordt meestal niet verlangd, gezien de kosten hieraan verbonden.

7.2. Waterbehandeling

Onder de waterbehandeling verstaan we hier het geheel van lagedruk pompstation, chemische behandeling, filters en eventueel middendruk-pompstation.

De bedrijfszekerheidseisen die aan het

geheel gesteld worden zijn iets minder hoog dan die voor de distributie.

In de eerste plaats zal vrijwel altijd een buffervoorraad reinwater aanwezig zijn in de reinwater-reservoirs, zodat enige tijd beschikbaar is voor het opnieuw 'opstarten' na een storing.

Een inzicht in deze beschikbare tijd, onder verschillende bedrijfscondities, behoort daarom tot de onmisbare informatie. In de tweede plaats is waterbehandeling vrijwel altijd onderverdeeld in parallelwerkende procesdelen, die gezamenlijk een overcapaciteit hebben. Bij storingen zal meestal alleen een gedeelte uitvallen, wat dan door het resterende gedeelte kan worden opgevangen. Alleen centrale gedeelten in de besturing komen voor dubbele uitvoering in aanmerking, uitgaande van een volledig automatisch werkend bedrijf. Indien altijd bedienend personeel aanwezig is, kan worden volstaan met een 'fool-proof' afstand-handbesturing, buiten het automatisch werkende centrale gedeelte om.

Speciale aandacht vragen de hoeveelheidsmetingen, waarop de chemische doseringen worden gebaseerd en de lagedruk pompen worden geregeld of ingesteld. Deze bepalen de gehele waterproduktie zodat in ieder geval dubbele uitvoering nodig is. Zelfs 3-voudige uitvoering kan overwogen worden als niet op eenvoudige wijze te bepalen is, welke van de 2 meetwaarden juist is als ze verschillen.

7.3. Ruwwateropslag

De laagste eisen, vanuit besturings- en meettechniek bezien, worden gesteld aan het ruwwater-opslaggedeelte, omvattende eventueel aanwezig inlaat-pompstation, spaarbekken etc. We kunnen er van uitgaan, dat ruwwater normaliter voor enige tijd voldoende aanwezig is, zodat bij storingen de voorzieningen en de metingen zonder bezwaar gemist kunnen worden, totdat de onderhoudsdienst deze heeft hersteld.

7.4. Eindconclusie

Uit bovenstaande blijkt, dat de tijdsfactor bepalend is voor de benodigde extra voorzieningen. Des te krappere de beschikbare tijd na een storing is, des te meer extra voorzieningen zijn nodig. Met de tijdsfactor moet dus bij het ontwerp steeds rekening worden gehouden.

8. Onderhoud

Hoe deskundig het ontwerp ook is opgezet en uitgevoerd, hoe zorgvuldig de apparatuur ook is gekozen, er zijn nu eenmaal factoren werkzaam die in de loop van de tijd de betrouwbaarheid en bedrijfszekerheid bedreigen. De enige remedie hiertegen is

een goed onderhoud, zodat dit onderwerp in de reeks niet gemist kan worden.

Enkele bronnen van storingen kunnen zijn:

8.1. Slijtage

Vooral die instrumenten en apparaten, die zijn uitgevoerd met bewegende onderdelen zullen onderhevig zijn aan slijtage, waarvan enkele voorbeelden worden gegeven. Bij kleppen is een typische vorm van slijtage lekkage langs de gland van de klepsteeldoorvoer, bij relais en schakelaars inbranden van de contacten. De luchtcylinder-aandrijving van schuiven en kleppen kan soms vastlopen bij speling in de pakkingsring van de cilinderstang, vooral als geen oliesmering wordt toegepast. Ook schrijvende meters zijn potentiële storingsbronnen door slijtage van de tandwielletjes. Bij kompensatieschrijvers en -metingen zullen de snaar-overbrengingen en de lagertjes van de servo-motor het nogal eens begeven. In de praktijk hebben deze instrumenten dan ook een vrij hoog storingspercentage, vooral als ze 6- of 12-voudig zijn uitgevoerd.

Onder ongunstige bedrijfscondities, zoals bijv. bij trillingen en sterk wisselende meetwaarden, wordt het natuurlijke slijtageproces aanzienlijk versterkt. Bekend zijn de storingen van diesel-instrumenten door trillingen, zoals defekte thermostaten, manometers en pressostaten en het lostrillen en kapotschuren van aansluit- en kompensatieleidingen. Eveneens is een groot verloop in de nauwkeurigheid van de meetwaarden te verwachten, zodat de instrumenten regelmatig geijkt moeten worden.

Een praktijkvoorbeeld van storing door sterk wisselende meetwaarden is de slijtage aan de lagers van de servomotor van de troebelheidsmeting vlak achter de snelfilters, waarvan de meetwaarde heftig schommelt tijdens het spoelen (de meting kan dan beter tijdelijk worden uitgeschakeld).

8.2. Vervuiling

De faktor vervuiling speelt bij drinkwaterbedrijven een rol van betekenis, in hoofdzaak door de verontreinigingen in het ruwe water.

Stof en andere ongerechtigheden in de omgeving van de apparatuur kunnen we beïnvloeden met airconditioning, overdruk in de schakelkasten en een goede afsluiting, maar op het ruwe water, als aangeboden grondstof, heeft men veel minder vat. Typische vormen van vervuiling, die nogal eens optreden, zijn:

- dichtslibben van doorstroomvaten ten behoeve van pH- en geleidbaarheidsmetingen en van meetbuizen voor niveau, druk en hoeveelheidsmetingen;

— kalkafzetting op kleppen, meetmembranen en elektroden;

— chemische verontreinigingen van doorstroombuisjes en slangetjes van kwaliteitsmetingen.

Afhankelijk van de mate van vervuiling, die alleen in de praktijk kan worden vastgesteld, moet voor de reiniging en controle periodiek onderhoud worden gepleegd. Dit kan variëren tussen éénmaal per dag reinigen van de pH-elektroden tot 4 maal per jaar controleren en reinigen van andere meetapparatuur.

Een voor het drinkwaterbedrijf typische vorm van verontreiniging welke men zelden elders zal aantreffen, is de in de praktijk voorgekomen verstopping van een monsterleiding door een paling.

8.3. Corrosie

Ook een agressieve atmosfeer bedreigt de bedrijfszekerheid. Met name bij een chemische zuivering — waar met chloor en ijzersulfaat gewerkt wordt — kan niet altijd voorkomen worden, dat resten chemicaliën ontsnappen en verwoestend te werk gaan.

Zo zijn de meetopnemers en instrumenten in de omgeving van chloortanks en -apparatuur door de inwerking van zoutzuur soms geen lang leven beschoren.

Ook restanten chloorgas in het water van de filters kunnen nog vernielend werken op de instrumenten in de bedieningspanelen en bijv. aluminium wijzers van manometers volledig wegcorroderen.

In de reinwaterreservoirs blijkt zelfs de asdoorvoer van de vlottermeters zo nu en dan vast te kunnen zitten door inwerking van chloor.

Een ander bekend corrosie-verschijnsel is het dichtroesten van meetleidingen in stalen buizen, waardoor foutieve druk- en hoeveelhedsmetingen ontstaan. Regelmatige controle en reiniging is dan ook beslist geen overbodige luxe.

Inspectie eens per 3 maanden zal echter meestal wel voldoende zijn.

8.4. Onderhoudsschema

Uit deze korte uiteenzetting blijkt, dat, vanuit het oogpunt van bedrijfszekerheid, de nadruk ligt op *preventief onderhoud*. Regelmatig moet de apparatuur worden geïnspecteerd, gereinigd, eventueel gesmeerd en van tijd tot tijd gekalibreerd.

Voor een goed overzicht van de bevindingen en de verrichte werkzaamheden is het aan te bevelen onderhoudslogkaarten aan te leggen.

Aan de hand van de bevindingen kan dan een onderhoudsschema worden vastgesteld c.q. bijgesteld.

9. Slot

Met het onderhoud zijn wij aan het eind gekomen van deze beschouwing over bedrijfszekerheid.

Na in de inleiding vele vraagtekens te hebben gezet bij de haalbaarheid, is gepoogd uiteen te zetten hoe bedrijfszekerheid binnen bepaalde grenzen en onder bepaalde voorwaarden toch bereikt worden, door de juiste maatregelen te nemen.

Welke maatregelen genomen moeten worden is afhankelijk van de mate van automatisering en opbouw van het bedrijf. Kosten-aspekten zullen meestal van doorslaggevende invloed zijn.

Literatuur

1. Smit, ir. K. 'Kenmerken en relaties tussen Onderhoudspolitieken' in Bedrijfsvoering nr. 1, jan. 1975.
2. Escher, G. und Thies, K. H. 'Untersuchungen der Reparaturhäufigkeit von Mess- und Regelgeräten' in Regeltechnische Praxis, heft 9, 1974.
3. Dirken, prof. dr. J. M. 'Ergonomic aspects of information display in computerized processes', hft. 9 in Transfer of Information in the practice of process computer control, Afd. Regeltechniek, KJVJ, 1971.
4. Weiden, ir. H. van der, 'Kwaliteit en Bedrijfszekerheid van elektronische Onderdelen', in De Ingenieur, no. 28 juli 1968.
5. Heer, ir. H. J. de en Benjaminsen, ir. J. M., 'Automatische Signalering, Beveiliging en Vergrendeling'; Hart, ir. W. J. ter en Jongkind, M. S., 'Onderhoud van Instrumenten, en de Onderhoudsorganisatie', in Documentatie van de Leergang 1961: Instrumentatie in de Procesindustrie van het KJVJ.

