

Meet- en regeltechniek in het Nederlandse waterbeheer

In een reeks van vijf artikelen wordt vanaf dit nummer tot en met de uitgave van 10 oktober ingegaan op de theoretische achtergrond van meet- en regeltechniek, toegepast op het operationele beheer van de Nederlandse waterlopen. Achtereenvolgens komen aan bod: algemene meet- en regeltechniek, 'feedback control', 'feedforward control', 'model predictive control' en overige regeltechnieken. Hoewel de toepassing op watersystemen in Nederland centraal staat, wordt gebruik gemaakt van de internationale standaardtermen. Dit om aan te geven dat meet- en regeltechniek een op zichzelf staand werkveld is dat overal ter wereld wordt toegepast in bijvoorbeeld de industrie, consumentenelektronica en de ruimtevaart. Voor een meet- en regeltechnicus is een waterloop gewoon een systeem met bepaalde karakteristieken, waarop bestaande kennis en regelmethodieken kunnen worden gebruikt.

Dat toepassing van regeltechniek noodzakelijk is in het Nederlandse waterbeheer, is evident. In ieder lokaal poldergemeente zit een regelkring, waarin de waterstand wordt gemeten. Indien deze waterstand te hoog is, wordt een signaal gestuurd dat de motor laat draaien. Op grotere schaal worden boezemsystemen beheerd op basis van waterstandmetingen en weersverwachtingen. Voorbeelden op nog grotere schaal zijn de serie geschakelde stuwen in de Maas, de Oosterscheldekering en de Maeslantkering. Dit zijn watersystemen die voornamelijk waterkwantiteitsgrootheden aansturen. Het regelen van waterkwaliteit is nog niet wijdverbreid, voornamelijk omdat het meten van de vele verschillende waterkwaliteitsgrootheden tot voor kort moeilijk was. Het meten van de saliniteit vormt daarop een positieve uitzondering, hetgeen voor de steeds zouter wordende westelijke watersystemen mogelijkheden biedt voor verbeterd operationeel waterbeheer. Het doorspoelen van polders en boezems tijdens droge perioden kan worden gezien als een (eenvoudige) regeling op waterkwaliteit.

De toepassing van meet- en regeltechniek kan een alternatief vormen voor (kostbare) uitbreiding van de infrastructuur van watersystemen. In plaats van grotere gemalen te bouwen kan worden gekeken naar de mogelijkheden van voormalen met de huidige pompen. Tijdens inundaties in het benedenstroomse gebied van een beek is vaak nog bovenstrooms berging beschikbaar. De extra berging in deze voorbeelden kan worden benut wanneer watersystemen niet meer met vaste dimensies en instellingen

worden ontworpen, maar een zekere mate van flexibiliteit krijgen. Hierbij wordt met regeltechniek deze flexibiliteit tot het uiterste benut.

Algemene meet- en regeltechniek

Een regelkring bestaat uit standaard blokken en verbindingen (zie schema, in blokken met doorgetrokken lijnen zijn de onderdelen getoond die standaard in ieder geregeld systeem worden gebruikt).

Van de subsystemen is het belangrijkste onderdeel het watersysteem. Dit blok bevat het dynamische gedrag van een waterloop. Dit wordt voornamelijk gekarakteriseerd door de looptijd, het bergend oppervlak en de mate waarin lange golven reflecteren tegen de uiteinden van de waterloop. De sensor meet de variabelen die van belang zijn voor het operationele beheer. Dit zijn meestal waterstanden, maar kunnen ook debieten of saliniteit zijn. De meest toegepaste sensoren zijn drukopnemers en vlotter sensors voor de waterstanden, akoestische debietsensoren en geleidbaarheidsmeters voor de saliniteit.

De signaalconditionering haalt uit de geregistreerde data die gegevens die relevant zijn voor de regeling. Het kan zo zijn dat bepaalde meetwaarden foutief zijn gemeten. Dit wordt meestal ondervangen door toepassing van minimum-, maximum- en maximale veranderingcontroles. Als een waarde een bepaald maximum overschrijdt, een bepaald minimum onderschrijft of een te grote verandering ten opzichte van de vorige waarde heeft, wordt de meting afgekeurd en dient deze te worden geschat

door bijvoorbeeld lineaire interpolatie uit aanliggende meetwaarden. Een andere manier van signaalconditionering is filteren. Hierbij wordt naar de frequentie-inhoud van het signaal gekeken. Een filter laat golven met een bepaalde periodetijd niet (minder) door, terwijl andere golven het filter ongemoeid passeren. Als de waterstand van een meer wordt geregeld, zijn golven met een lange periodetijd (bijvoorbeeld een uur of meer) relevant, terwijl golven met een korte periodetijd (bijvoorbeeld een minuut of minder) ten gevolge van wind of scheepvaart worden gezien als ruis. Een voorbeeld van een vaak toegepast softwarematig eerste orde laagdoorlaatfilter wordt gegeven in de volgende formule, waarin de huidige gefilterde waarde afhangt van de huidige meetwaarde en de vorige gefilterde waarde:

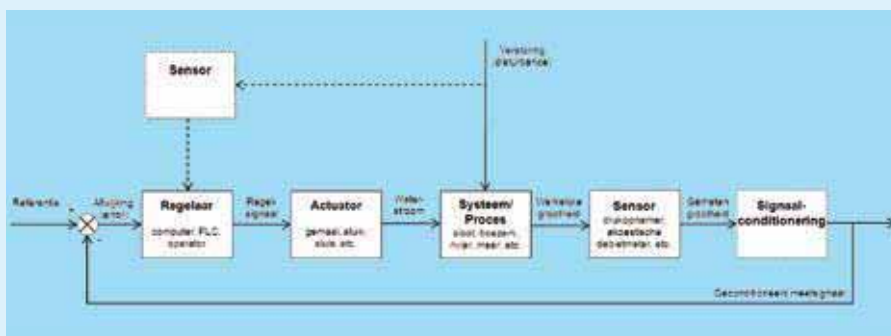
$$h_f(k) = T_f \cdot h_f(k-1) + (1-T_f) \cdot h(k)$$

waarbij h_f de gefilterde waterstand is, h de gemeten waterstand, k de tijdstapindex en T_f de filterconstante representeert. Deze laatste kan worden berekend met:

$$T_f = \frac{T_{cutoff}}{T_{cutoff} + T_s}$$

waarbij T_s de meettijdstep is en T_{cutoff} de periodetijd van de golven die de scheiding tussen wel en niet doorlaten aangeeft. In het voorbeeld wordt deze gekozen op een half uur. Wanneer een meettijdstep van één minuut wordt genomen, levert dit een waarde op van $1800/1860 = 0.9677$. Overigens dient bij meten altijd een zogeheten anti-aliasing filter te worden toegepast om hoogfrequente ruis te elimineren, maar meestal is dit al in de sensor voorzien.

De regelaar is een algoritme in een computer of Programmable Logic Controller (PLC), dat uit de metingen en eventueel voorspellingen bepaalt welke regelacties nodig zijn. In de volgende artikelen in deze reeks worden de verschillende regelmethodieken beschreven. In de praktijk van het Nederlandse beheer van grote watersystemen is de mens vaak de regelaar. Deze waterbeheerders zijn door hun grote ervaring met het systeem moeilijk te vervangen door een computer. Wel kan worden aangetoond dat ze hun acties bepalen, gedreven door dezelfde achterliggende regeltechnische mechanismen. De actuators tenslotte zijn de regelkleppen in het watersysteem, te weten de verstelbare kunstwerken. Gemalen kunnen worden aan- of uitgezet of kunnen traploos instelbaar zijn van nul tot maximale capaciteit. De kruinhoogte van stuwen kan worden vermeld. De onderlaathoogte van een onderspuier kan worden veranderd. Sluisdeuren kunnen worden geopend of gesloten. Al deze acties hebben een bepaalde manipulatie van de waterstromen in de waterloop tot gevolg. Deze water-



stromen hebben een (tijdvariante) maximale capaciteit, bepaald door de dimensies van het kunstwerk.

De pijlen tussen de subsystemen in het blokschema zijn de signalen die door worden gegeven in de richting van de pijl. Dit gebeurt bijvoorbeeld via vaste elektriciteitsdraden of met modems via het vaste telefoonnetwerk. Er is sprake van 'multivariable control' wanneer meerdere locaties

worden geregeld. De pijlen bestaan dan uit meerdere signalen, bijvoorbeeld metingen op verschillende locaties in een boezemstelsel. Uit deze metingen kan met een gewogen gemiddelde een representatief boezempeil worden berekend. De signalen komen samen in een centrale regelaar. Met deze regelaar kan, per definitie, een betere prestatie worden gehaald dan met een lokale regelaar, om de eenvoudige reden dat de regelacties worden gebaseerd op

meer informatie. Het nadeel van centrale regelaars is dat signalen over grote afstand moeten worden verstuurd en in dit traject kunnen worden verstoord. Mobiele telefonie en draadloze netwerken zijn veelbelovend voor dergelijke datacommunicatie in het Nederlandse operationele waterbeheer.

Peter-Jules van Overloop (TU Delft)