

Luchtbehandelingsinstallaties en transformatorstations

Actieve geluidreductie

Veel technische apparatuur, zoals compressoren, luchtbehandelingskasten en transformatoren, produceert storend geluid. Om het ongewenste geluid te verminderen werden in het verleden veelal passieve geluidreducerende maatregelen toegepast, zoals coulissendempers en omkastingen. Actieve technieken zijn al langere tijd bekend, maar bleken al snel te complex en door de vereiste rekencapaciteit te duur. Tegenwoordig zie je de vereenvoudigde toepassingen van de techniek echter toegepast in (luxere) koptelefoons, die vooral door luchtreizigers veelvuldig gebruikt worden. In dit artikel worden toepassingen van antigeluid gepresenteerd die zichzelf inmiddels geruime tijd in de praktijk bewijzen.

Dr.ir. J. (Jan) Potter, acoustic engineer,
Merford

Het principe van actieve ruisonderdrukking klinkt eenvoudig: als bij het oorspronkelijke geluid hetzelfde geluid in tegenfase wordt aangeboden dooft het geluid uit (zie de eerste illustratie in figuur 1). Hoewel de vuistregel niet ingewikkeld klinkt, blijkt deze in de praktijk erg moeilijk te realiseren. Met een microfoon loop je het risico ook andere omgevingsinvloeden op te vangen, zoals wind, neerslag en gezang van vogels. Hoe verkrijg je het signaal dat je wilt reduceren? Hoe kan dit realtime worden geïnverteerd? Hoe zorg je ervoor dat het op de goede plek wordt aangeboden, alleen het ongewenste geluid wordt gereduceerd en niet op andere plaatsen weer wordt versterkt?

■ FEED BACK/FEED FORWARD

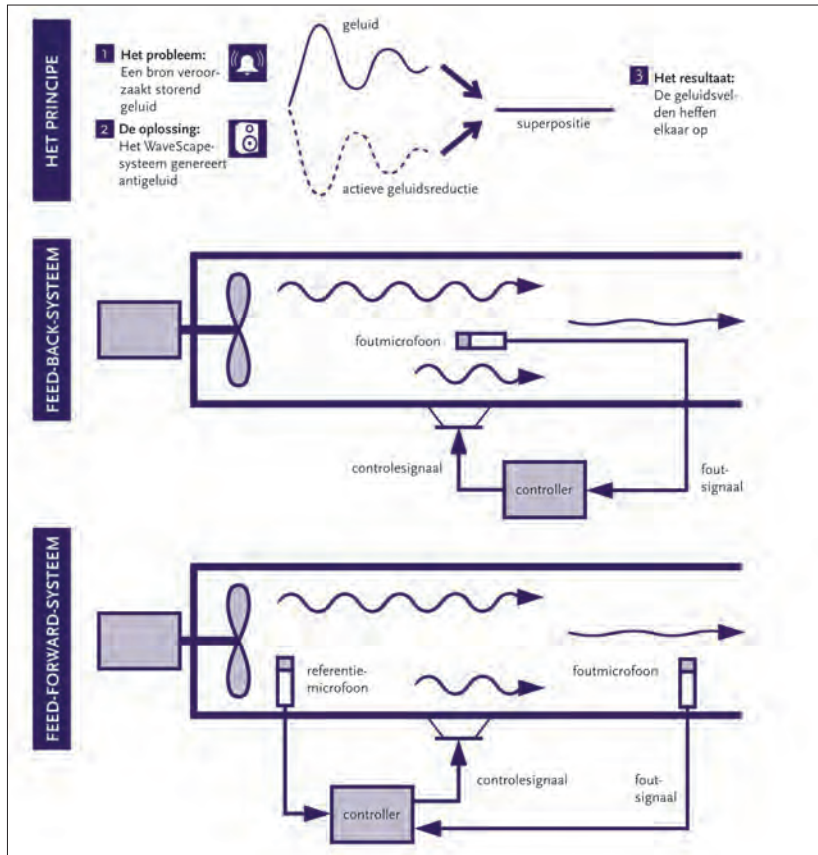
Het wordt al eenvoudiger als we een systeem in een kanaal toepassen en ons beperken tot de lagere frequenties. In figuur 1 zijn twee principe-oplossingen gegeven. De eerste op basis van een feed-back-principe en de andere op basis van een feed-forward-principe.

Feed-back antigeluid werd al in 1953 voorgesteld door Olson en May. Hierbij wordt een microfoon gebruikt als sensor om het ongewenste geluid te detecteren. Het fout-signaal van de microfoon wordt gebruikt om het antigeluid te genereren dat door een dicht bij de microfoon geplaatste luidspreker wordt weergegeven. Deze configuratie biedt slechts minimale demping over een beperkt frequentiebereik en dan in het bijzonder voor tonaal of smalbandig geluid. Daarnaast kan er ook instabiliteit optreden door positieve feedback bij hoge frequenties; het systeem gaat dan rondzingen. In situaties met een stabiel stoor-signaal, zoals bij transformatoren, ventilatoren en HVAC-installaties, is het echter wel mogelijk om een goede werking te verkrijgen. Een feed-forward Active Noise Reduction-systeem, bijvoorbeeld toegepast in luchtkanalen, gebruikt normaliter een referentiemicrofoon, een besturingseenheid, een luidspreker om het secundaire geluid dat door de controller wordt berekend te genereren,

en een foutmicrofoon. Het antigeluid van de luidspreker zal zowel stroomafwaarts gaan om zo het primaire geluid uit te doven, als stroomopwaarts naar de referentiemicrofoon. Hierdoor ontstaat ongewenste akoestische terugkoppeling in het systeem. De akoestische terugkoppeling kan de effectiviteit van het systeem verminderen en stabiliteitsproblemen in het regelsysteem veroorzaken. Methoden om de problemen met een feed-forward-systeem op te lossen resulteren in complexere controllerstructuren en/of systeemconfiguraties dan de eenvoudige controller.

■ ZELFLEREND ALGORITME

Wavescape Technologies GmbH heeft een adaptief, zelflerend algoritme ontwikkeld dat zeer snel reageert op veranderingen van het geluid. Het algoritme probeert het geluid te voorspellen om zo snel mogelijk in te kunnen spelen op de veranderingen van het geluidveld en om te compenseren voor de signaalverwer-



-Figuur 1-



-Figuur 2- Voorbeeld van Active Noise Control in een luchtkanaal. In de zwarte doos is de volledige antigeluidoplossing opgenomen

kingstijd. De belangrijkste technische noviteit is het toepassen van twee luidsprekers voor het aanbieden van het antigeluid. Door de tweede luidspreker wordt het terugloopgeluid dat in 'klassieke' systemen optreedt op simpele wijze effectief onderdrukt. Hierdoor is de verdere signaalverwerking eenvoudiger. Door de vereenvoudigde signaalverwerking en de snelle ontwikkeling van de procestech-niek, waardoor bij gelijk blijvende kosten veel snellere en krachtigere signaalprocessors verkrijgbaar zijn, is de weg vrij om antigeluid op grote schaal toe te passen, bijvoorbeeld in luchtkanalen. Doordat grotere series kunnen

worden gemaakt, kan de prijs per unit dalen. Op basis van deze ingrediënten is de Active Noise Reduction (ANR) ontwikkeld. Het resulterend geluid van het systeem wordt bij de uitgang van het kanaal gedetecteerd met een foutmicrofoon. Op basis van het opgenomen geluid wordt het regelsignaal berekend dat wordt toegevoerd aan de luidsprekers. Het gegenereerde signaal en het oorspronkelijke signaal dempen elkaar dan en het totale geluid wordt gereduceerd (zie figuur 1). In de praktijk leidt dit principe tot een geluidsreductie tot 20 dB; dit komt overeen met 90% van de geluids-druk. Dit geldt ook voor wisselende signalen,

zoals die optreden bij pompen, ventilatoren en compressoren met een variabele snelheid. Met deze techniek is het goed mogelijk om laag- tot middelfrequente tonale geluiden actief te onderdrukken in kanalen met beperkte hoogte- en breedteafmetingen. De techniek wordt op dit moment toegepast bij transformatoren, compressoren en in HVAC-systemen. Reducties van meer dan 10 dB worden met deze techniek gerealiseerd.

VENTILATIESYSTEMEN

Geluidsdemping van ventilatiesystemen in luchtkanalen wordt meestal gerealiseerd met behulp van coulissendempers. Deze dempers zijn vooral effectief in de midden- en hoogfre-quente regionen, terwijl het storende geluid van het ventilatiesysteem veelal laagfrequent is. Active Noise Control (ANC) is juist goed werkzaam in de lage frequenties. Door het toepassen van antigeluid in luchtkanalen (zie figuur 2) kan een forse ruimtewinst worden behaald, omdat de antigeluidopstelling veel minder ruimte vergt dan een passieve oplossing. Een bijkomend voordeel is dat het systeem op de wand van het luchtkanaal kan worden aangebracht, zodat er geen verstoring van de luchtstroom optreedt en dus ook geen verhoging van de tegendruk in het systeem. Daarnaast worden problemen met turbulente luchtstromingen voorkomen. Omdat er minder ruimte nodig is, zijn dure bouwkundige maatregelen niet nodig.

TRANSFORMATORSTATIONS

Relatief nieuw is de toepassing van het antigeluidproces in transformatorstations. Dit is eigenlijk een afgeleide van de toepassing van het systeem in luchtkanalen. Transformatoren genereren een laagfrequent bromgeluid in het frequentiegebied van 100 Hz tot 400 Hz, dat wordt veroorzaakt door de trilling van de transformatorlamellen en -wikkelingen. Westland Infra Netbeheer heeft een trans-formatorstation aan de rand van Poeldijk. In de loop van de tijd is in de directe nabijheid van het transformatorstation een woonwijk ontstaan. Doordat de huizen dicht bij het transformatorstation worden gebouwd, is het mogelijk dat er klachten ontstaan als gevolg van de ervaren geluidsoverlast. Met de netbeheerder is besloten om op deze locatie een proefproject met antigeluid te starten. Het bestaande gebouw van het transformatorstation bestaat uit een betonnen constructie met luchttoevoer- en luchtafvoerroosters aan de onder- en bovenzijde, waar de koellucht door natuurlijke convectie door het gebouw stroomt. De luchtroosters zijn de akoestisch zwakke punten van de gebouwconstructie waardoor het transformatorgeluid wordt



-Figuur 3- De huidige situatie in het transformatorstation van Westland Infra in Poeldijk. Het ANR-systeem is opgebouwd voor de luchtroosters.

uitgestraald naar de omgeving. Om dit geluid op conventionele wijze te dempen zijn lange dempers met dikke coulissen van minimaal 300 millimeter nodig. Omdat bij toepassing hiervan de luchtstroom belemmerd wordt, zal de tegendruk van het systeem te groot worden en zal er onvoldoende koellucht langs de transformator stromen. Daarnaast is er in deze situatie eenvoudig de ruimte niet om de grote passieve dempers te kunnen plaatsen zonder zeer ingrijpende bouwkundige aanpassingen.

EENVOUDIG EN COMPACT

Het actieve systeem is veel compacter te realiseren dan een passief systeem en belem-

mert de luchtstroom vrijwel niet. Hierdoor kan de koeling nog steeds via natuurlijke convectie plaatsvinden en zijn extra ventilatoren niet noodzakelijk. De actieve systemen worden geplaatst in een rekkenstelsel achter de ventilatieroosters. De planken waarop de systemen worden geïnstalleerd zijn 500 mm diep. De afstand tussen de planken, zowel horizontaal als verticaal, wordt bepaald door de hoogste frequentie die moet worden gedempt. Op deze wijze wordt per systeem weer de eenvoudige eendimensionale situatie van een kanaal verkregen. In deze toepassing zijn in totaal 24 systemen geïnstalleerd (zie figuur 3). Omdat de systemen direct achter het lucht-

rooster zijn geplaatst, moeten ze goed tegen alle weersomstandigheden kunnen. Daarnaast is het belangrijk dat de systemen brandveilig zijn. De hier getoonde systemen voldoen aan beschermingsklasse IP 53 volgens EN 60529 en de kast voldoet aan klasse B volgens NEN EN 13501 (moeilijk ontvlambaar). Het temperatuurbereik waarin de systemen kunnen functioneren, bedraagt -20 tot +80 °C. Dit is voor de Nederlandse situatie ruim voldoende.

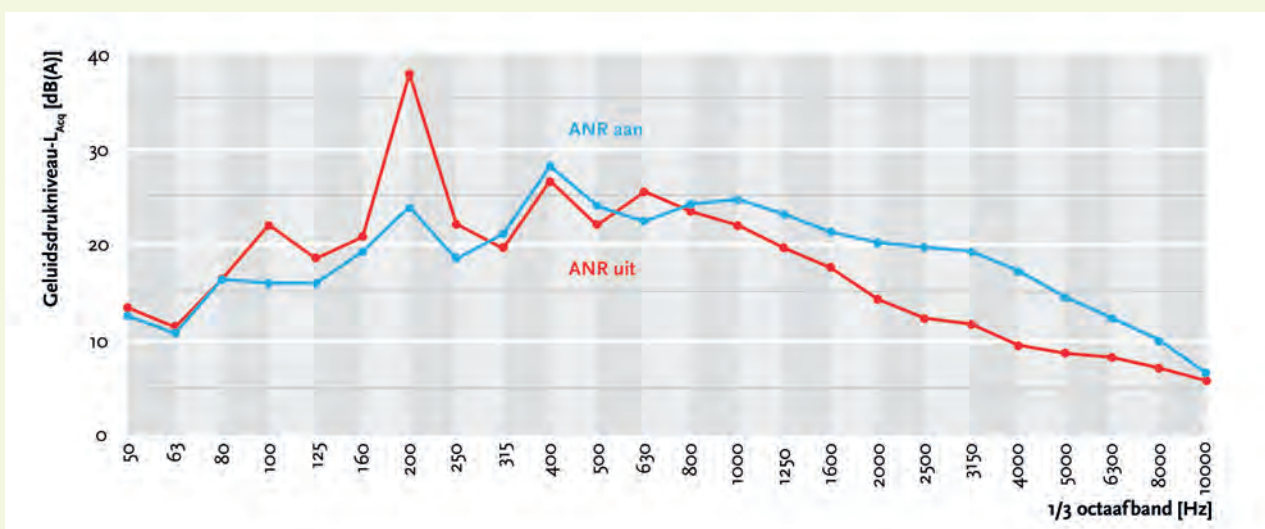
MINDER DUUR

De toegepaste oplossing met actieve ruisonderdrukking was uiteindelijk kosteneffectiever dan een passief systeem met coulissendempeers. Met het systeem wordt een reductie van meer dan 10 dB gerealiseerd op de transformatorfrequenties (zie figuur 4). Met name in de voor het totale geluidniveau bepalende frequentieband van 200 Hz.

ONTWIKKELINGEN

Ontwikkelingen op het gebied van antigeluid gaan door en zijn niet beperkt tot luchtkanalen en transformatorruimten. Zo worden de units inmiddels ook geïntegreerd in omkastingen die door de toepassing van antigeluid kleiner kunnen worden, omdat grote geluiddempers aan de luchtinlaat en -afblaas niet meer nodig zijn.

Jan Potter



-Figuur 4-