(12) **PATENT**

(19) NO (11) **331979** (13) **B1**

NORGE (51) Int Cl.
B61L 25/02 (2006.01)
B61L 29/22 (2006.01)
B61L 29/32 (2006.01)
B61L 23/06 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20101301	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2010.09.17	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2010.09.17	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2012.03.19		
(45)	Meddelt	2012.05.14		

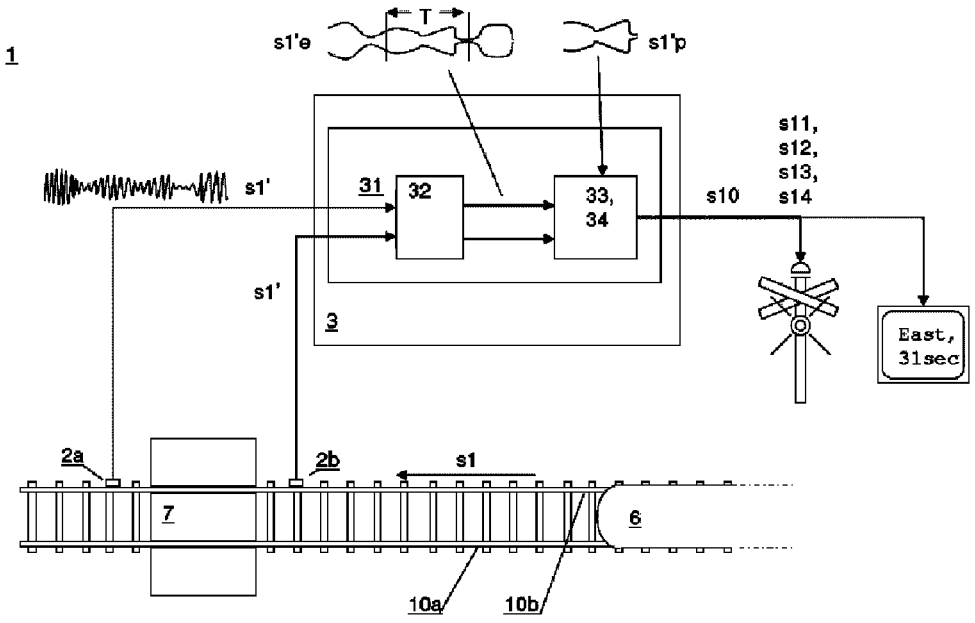
(73) Innehaver Stiftelsen NORSAR, Gunnar Randers vei 15, 2007 KJELLER, Norge
(72) Oppfinner Fredrik Lingvall, Lillogata 5K, 0484 OSLO, Norge
Tron Danielsen, Kirkeveien 34 C, 2007 KJELLER, Norge
(74) Fullmektig Fluges patent as, Postboks 27, 1629 GAMLE FREDRIKSTAD, Norge

(54) Benevnelse **System og metode for tidlig deteksjon av tog**

(56) Anførte publikasjoner EP 0816200 A1, US 2004/0261533 A1

(57) Sammendrag

Et togdeteksjonssikkerhetssystem og en fremgangsmåte for å detektere et tog som omfatter en styringsenhet og én eller flere sensorenheter innrettet til å festes til i det minste en togskinne. Sensorenhetene er innrettet til å detektere et første signal indusert fra et tog i bevegelse og propagert gjennom togskinnen. Styringsenheten omfatter en signalprosessor innrettet til å motta første sensorutgangssignaler som representerer de første signalene fra sensorenhetene, for kontinuerlig å prosessere de første sensorutgangssignalene og generere et togvarslingssignal som representerer karakteristikker til toget i bevegelse basert på karakteristikker til de første sensorutgangssignalene.



SYSTEM OG METODE FOR TIDLIG DETEKSJON AV TOG

Innledning

Oppfinnelsen vedrører et system og en fremgangsmåte for deteksjon av et tog som er i bevegelse på en toglinje et stykke unna, og den påfølgende genereringen av signaler for tidlig varsling på en usikret planovergang eller andre steder hvor ankommende tog kan medføre fare. Systemet ifølge oppfinnelsen kan også benyttes til å generere signaler som representerer karakteristikker ved det detekterte toget, slik som togtypen og dets hastighet og retning.

Bakgrunnsteknikk

Planoverganger er ofte åsted for tragiske ulykker når bilister, syklister eller fotgjengere undervurderer faren ved disse overgangene. Internasjonalt fører ulykker ved planoverganger til tusener av skader hvert år, og fremfor alt ved usikrede overganger. Http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/railsafety0304.pdf viser at jernbanenettet i Storbritannia alene stod for 18 dødsulykker blant allmennheten i 2004, hvorav 17 skjedde ved usikrede overganger.

Manuelle deteksjons- og varslingssystemer er den mest brukte fremgangsmåten når vedlikeholdsarbeid må utføres på jernbanelinjer som opereres av tog. Vanligvis må én eller flere av vedlikeholdsarbeiderne overvåke toglinjen på et sted fjerntliggende fra vedlikeholdsområdet og ringe sine arbeidskollegaer dersom et tog skulle ankomme.

Flere systemer for deteksjon av tog på et spesielt sted har blitt utviklet. I slike systemer detekteres toget idet det passerer en sensor, og utgangssignalet fra sensoren benyttes for å trigge et varslingssystem eller en automatisk bom. Sensoren kan kommunisere med varslingssystemet eller den automatiske bommen via kabel eller radiosignaler.

US Patent 5,924,651 viser et togvarslingssystem og en fremgangsmåte for å varsle personell i nærheten av toglinjen hvor det ankommer et tog. En sender for å sende varselsignaler som et svar på at sensoren detekterer at et tog passerer over toglinjen et bestemt sted benyttes.

Tidlig deteksjon av fjerne tog ved å lytte til togskinnene var kjent av de amerikanske indianerne. Ved å lytte i en gitt tidsperiode var indianerne i stand til å bestemme om toget nærmet seg eller kjørte vekk.

US Patent 5,265,831 beskriver en fremgangsmåte og et apparat for å detektere lyden av slag ved en lydmottaker for dette, slik som lyden som følger av et toghjul som nærmer seg en bestemt lokasjon, og dersom intensiteten til utgangssignalet fra lydmottakeren er over et bestemt nivå i en minumumstid vil et varselsignal bli utløst.

Europeisk patentsøknad EP0816200 A1 viser et system for varsling av aktivitet i tilknytning til en jernbane bestående av en akustisk sensor med en akustisk analyseenhet som genererer en alarm som en varsling på at et tog befinner seg i nærheten.

US patentsøknad US2004261533 A1 viser et skinne- og togovervåkningssystem. Systemet har sensorer montert langs skinnegangen for deteksjon av akustiske signaler langs skinnegangen med en prosessorenhet for analyse av de akustiske signalene.

Kort sammendrag

Gitt det store antall tragiske hendelser relatert til usikrede planoverganger til tross for de mange forsøkene på å løse problemene som beskrevet ovenfor under bakgrunns-teknikk, er det klart at automatiske løsninger for sikkerhetssystemer så langt ikke har lykkes, og at problemene relatert til sikring av allmennheten ved jernbaneoverganger ennå ikke har blitt løst.

Når planlagte eller ikke planlagt vedlikehold av skinnegangen må utføres ved en eller annen lokasjon langs toglinjen er det vanlig å benytte manuelle varslingssystemer for å beskytte arbeiderne på linjen.

På noen bestemte toglinjer er det en stor risiko for å støte på ville dyr, og i tillegg til dyrets lidelser er slike ulykker svært ubehagelige for togføreren som ofte må avlive dyret før turen kan fortsette.

Den foreliggende oppfinnelsen er et tidlig varslingssystem og fremgangsmåte som kan benyttes i alle situasjonene beskrevet ovenfor for å redusere risikoen for ulykker langs toglinjer dramatisk. Som kjent øker hastigheten til togene gradvis fordi bane- og togteknologi forbedres kontinuerlig. Tidlig deteksjon, dvs. deteksjon av toget på lengre avstand fra varslingssted blir derfor stadig viktigere. Imidlertid er det ikke alltid ønskelig med tidlig deteksjon og korresponderende tidlig varsling fordi noen tog kan være betraktelig langsommere enn andre tog, og fordi tidlig varsling kan medføre et lite effektivt system med for lange varslingsperioder.

Systemet og fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen har flere fordeler:

Det foreliggende systemet og fremgangsmåten for tidlig deteksjon av tog er i stand til å detektere tog tidligere enn bakgrunnsteknikken.

I tillegg kan det foreliggende systemet i en utførelse av oppfinnelsen beregne ett eller flere utgangssignaler, slik som et varslingssignal på bakgrunn av togets avstand fra varslingsstedet, retningen, hastigheten til toget, tiden det tar før toget ankommer lokasjonen osv.

Ifølge oppfinnelsen er systemet autonomt, dvs. at det ikke påvirker eksisterende systemer eller togtrafikken langs toglinjen, og bare små tekniske installasjoner er nødvendig.

Systemet kan benyttes permanent eller temporært, dvs. at systemet kan bli satt opp permanent nær en planovergang, eller det kan settes opp midlertidig av en vedlikeholdsavdeling for hvert vedlikeholdsprosjekt.

På grunn av de mekaniske og funksjonelle aspektene ved systemet ifølge oppfinnelsen, er det enkelt å installere og operere, og dermed redusere kostnadene knyttet til permanente eller midlertidige varslingssystemer. Den fordelaktige oppbygningen gjør det også egnet til fjerntliggende planoverganger hvor kost/nytte har forhindret varslingssystemer ifølge bakgrunnsteknikken.

Figurforklaringer

Den foreliggende oppfinnelsen er videre beskrevet med henvisning til de medfølgende tegningene, hvori utførelser av oppfinnelsen er vist.

Fig. 1 illustrerer en utførelse av oppfinnelsen i en skjematisk tegning hvor akustisk propagerte signaler (s1) fra toget detekteres og analyseres.

Fig. 2 illustrerer en utførelse av oppfinnelsen i en skjematisk tegning hvor akustisk propagerte signaler (s1) og seismisk propagerte signaler (s2) fra toget detekteres og analyseres.

Fig. 3 illustrerer en utførelse av sensorenheten ifølge oppfinnelsen.

Utførelser av oppfinnelsen

Det foreslåtte systemet og fremgangsmåten for tidlig deteksjon av tog er basert på multiple sensorinstallasjoner for å kunne detektere ulike karakteristikker ved tog i bevegelse for å kunne sende ut varslingssignaler eller informasjonssignaler på bestemte steder langs toglinjen i nærhetene av toget i bevegelse. Hovedmålet med oppfinnelsen er å frembringe et enkelt og sikkert system for å detektere tog ved usikrede planoverganger, men oppfinnelsen kan også benyttes på et hvilket som helst sted hvor tidlig deteksjon av tog i bevegelse er viktig, slik som f.eks. steder hvor det er vedlikehold på skinnegangen.

Bølgene som genereres av ankommende tog vandrer gjennom både skinnene og i bakken, og registreres av sensorer som finnes på det sikrede stedet, som f.eks. en planovergang som skal sikres. En tidlig deteksjon av disse togene muliggjøres på bakgrunn av de følgende prinsippene, med henvisning til Fig. 1:

Propagasjonshastighetene til et første signal (s1), dvs. en akustisk bølge, eller et andre signal (s2), dvs. seismiske signaler i skinnene og i bakken er raskere enn kjørehastigheten til tog (6). Dermed ankommer tog-genererte bølgefronter observasjonsstedet mye tidligere enn toget (6) selv gjør.

Som en følge av den store massen, genererer tog (6) i bevegelse bølger med store amplituder. Overføringsavstanden for disse bølgene er svært lang på grunn av lav dempning. Dermed kan det spesielle mønsteret til disse bølgetogene identifiseres selv på stor avstand (som øker ledetidene for varsling).

Dersom vi antar at randbetingelsene for skinnenes underbygning er stabile vil de propagerende bølgene til sammenlignbare tog kun være utsatt for små variasjoner både med hensyn på amplitude, frekvensinnhold og signalkarakteristikker. Dette muliggjør bestemmelse av karakteristiske 'bølgeavbildninger' for ulike togtyper.

De karakteristiske trekkene i de akustiske og seismiske registreringene tillater anvendelse av ulike signalprosesseringsteknikker (korrelasjon av bølgeform, waveletanalyse og signalkonvolusjonsmetoder) som benyttes i deteksjonsalgoritmene.

Straks deteksjonen av toget er bekreftet ved sanntidsanalyser vil et startsignal bli sendt til de eksisterende signalinstallasjonene (blinkende lys, ringeklokker) eller til styreenheten for bommen. Signaler avledet fra togdeteksjon som omfatter togretning, hastighet, tid til ankomst osv. kan også i en utførelse sendes til et kontrollsenter for analyse og loggføring.

I det følgende vil oppfinnelsen og utførelsene av oppfinnelsen bli beskrevet med henvisning til tegningene.

I Fig. 1 er en utførelse av oppfinnelsen illustrert i en skjematisk tegning hvor et togdeteksjonssikkerhetssystem (1) omfatter en styringsenhet (3) og én eller flere sensorenheter (2a, 2b,....) innrettet til å festes til i det minste en togskinne (10a, 10b).

Hver av sensorenhetene (2a, 2b,....) er innrettet til å detektere et første signal (s1) akustisk propagert fra et tog (6) i bevegelse gjennom togskinnen (10a, 10b).

Styringsenheten (3) omfatter en signalprosessor (31) som er innrettet til å motta første sensorutgangssignaler (s1') som representerer de første signalene (s1) fra hver av de én eller flere sensorenhetene (2a, 2b,....), kontinuerlig prosessere de første sensorutgangssignalene (s1') og generere et togvarslingssignal (s10) som representerer karakteristikker til toget i bevegelse (6) basert på karakteristikker til de første sensorutgangssignalene (s1').

I en utførelse er oppfinnelsen en fremgangsmåte for tidlig deteksjon av et tog (6) i bevegelse på en togskinne (10a, 10b) ved å benytte et togdeteksjonssikkerhetssystem (1) som beskrevet ovenfor, som omfatter følgende steg;
- feste én eller flere av sensorenhetene (2a, 2b,....) til i det minste én togskinne (10a, 10b),
- detektere ett eller flere første signaler (s1) akustisk propagert fra toget (6) gjennom togskinnen (10a, 10b) i sensorenhetene (2a, 2b,....).
- motta første sensorutgangssignaler (s1') som representerer de første signalene (s1) i den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31).
- kontinuerlig prosessere det første sensorutgangssignalet (s1') i signalprosessoren (31) og generere et togvarslingssignal (s10) som representerer karakteristikker til toget (6) i bevegelse basert på karakteristikker av det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste to av sensorenhetene (2a, 2b,....).

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen er signalprosessoren (31) implementert i en datamaskin. Signalprosessoren (31) kan benytte én eller flere fysiske prosessorer i en datamaskin til å utføre beregningene som beskrevet ovenfor. I en utførelse er signalprosessoren (31) delvis integrert [Eng: embedded] i maskinvare spesielt laget for oppgavene beskrevet ovenfor.

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen omfatter togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) to eller

flere sensorenheter (2a, 2b,....).

En av fordelene med systemet er dets evne til å bestemme ulike karakteristikker til toget (6) i bevegelse, slik som retning, hastighet osv. ved å motta og sammenligne signaler fra flere sensorenheter (2a, 2b,....). Imidlertid, kan det på grunn av liten signalforskjell langs skinnene til systemet, og mellom to sensorer, være vanskelig å utlede noen av karakteristikkene på bakgrunn av de mottatte signalene, slik som f.eks. retningen til toget. For å forbedre signaldiversiteten mellom sensorer anbrakt på den samme skinnen er, ifølge en utførelse, en akustisk demper (7) innrettet til å dempe det første signalet (s1) innrettet i fysisk kontakt med togskinnen (10a, 10b) mellom to av sensorenhetene (2a, 2b,....) festet til den samme togskinnen (10a, 10b). Demperen kan være en polstring som ofte er i bruk for planoverganger med gummi eller en annen egnet akustisk demper. Demperen kan være laget av gummi, tre eller en kombinasjon av gummi og tre, eller et hvilket som helst annet materiale med gode akustiske dempningsegenskaper.

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen omfatter signalprosesseringsenheten (31) en envelopedetektor (32) innrettet til kontinuerlig å detektere et envelopesignal (s1'e) i det første sensorutgangssignalet (s1') fra hver av sensorenhetene (2a, 2b,....), og en envelopesignalkomparator (33) innrettet til kontinuerlig å sammenligne i en tidsperiode (T), envelopesignalene (s1'e) detektert fra det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste én av sensorenhetene (2a, 2b,....) med et forhåndsbestemt envelopesignal (p1'e) hvori den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) er innrettet til å generere et togvarslingssignal (s10) som indikerer et ankommende tog (6) når envelopesignalet (s1'e) har en stigende amplitude i forhold til det forhåndsbestemte envelopesignalet (s1'e) i tidsperioden (T).

Det forhåndsdefinerte envelopesignalet (p1'e) som benyttes for sammenligning kan være spesifikt for hver togtype som opererer i jernbanenettet. For å bedre sensitiviteten til togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) kan imidlertid et mer spesifikt forhåndsdefinert envelopesignal (p1'e) fremskaffes ved å registrere slike signaler for det spesifikke stedet hvor sensorenhetene (2a, 2b,....) er plassert. Disse registrerte signalene kan så analyseres for å frembringe en karakteristisk envelope som kan benyttes som forhåndsdefinert envelopesignal (p1'e)

Ifølge oppfinnelsen er det også mulig å trene togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ved f.eks. kontinuerlig å legge inn målte envelopesignaler (s1'e) hver gang et tog passerer sensorenhetene (2a, 2b,....) i en samling med forhåndsdefinerte envelopesignaler (p1'e)

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen kan man også bedre eksisterende forhåndsdefinerte envelopesignaler (p1'e) ved å anvende statistisk analyse eller konvolusjonsteknikker, slik som f.eks. middelverdi og medianberegning for de kontinuerlig målte envelopesignalene (s1'e). Trening kan utføres før eller under driften av togdeteksjonssikkerhetssystemet (1).

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen er envelopesignalkomparatoren (33) innrettet til kontinuerlig å sammenligne envelopesignalet (s1'e) for det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste to av sensorenhetene (2a, 2b,....) festet til den samme togskinnen (10a, 10b) og videre innrettet til å detektere en retning (s11) til toget (6) i bevegelse, hvor togvarslingssignalet (s10) omfatter retningen (s11) til toget (6).

Retningen er fortrinnsvis relativt toglinjen eller relativt hovedstreken.

I en utførelse er togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge oppfinnelsen innrettet til å detektere togtypen for toget (6) i bevegelse ved å sammenligne envelopesignalet (s1'e) med forhåndsbestemte envelopesignaler (s1'p) for ulike togtyper. Envelopelengden for forhåndsbestemte envelopesignaler (s1'p) for forskjellige togtyper bør være tilstrekkelig til å skille en spesiell togtype fra andre, men den trenger ikke nødvendigvis å omfatte en envelope for hele togsettet eller togsettene. I denne utførelsen er den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) innrettet til å generere et togvarslingssignal (s10) som representerer en togtype (s12) til toget (6) i bevegelse når envelopesignalkomparatoren (33) detekterer at envelopesignalet (s1'e) er ekvivalent med et forhåndsbestemt envelopesignal (s1'p) i tidsperioden (T).

I en utførelse av oppfinnelsen er den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) innrettet til å generere et togvarslingssignal (s10) som representerer en avstand (s13) til et ankommende tog ved å sammenligne økningen eller minkningen i amplituden til envelopesignalet (s1'e) med det forhåndsbestemte envelopesignalet (s1'p) i envelopesignalkomparatoren (33).

Ifølge en utførelse er den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) innrettet til å generere et togvarslingssignal (s10) som representerer en tid som gjenstår før toget (6) i bevegelse ankommer stedet hvor sensorene er anbrakt, eller til et annet sted langs togskinnen (10a, 10b) i en kjent relativ posisjon i forhold til sensorplasseringen.

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen benyttes togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) til å sikre en planovergang. I denne utførelsen av oppfinnelsen er i det minste én av

sensorenhetene (2a, 2b,....) innrettet på motsatte sider av en planovergang relativt i det minste én av de andre sensorenhetene (2a, 2b,....). Imidlertid kan sensorenhetene også være på samme side av planovergangen dersom det viser seg å være mer hensiktsmessig for den spesifikke installasjonen.

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen omfatter togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) en lydsignalkomparator (34) innrettet til å sammenligne frekvenskomponenter av det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste to av sensorenhetene (2a, 2b,....) opp til 50 Hz .

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen kan sensitiviteten til togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) forbedres ved å kombinere de første sensorutgangssignalene (s1') eller envelopesignalene (s1'e) fra to eller flere av sensorenhetene (2a, 2b,....) før sammenligning av det resulterende signalet med det forhåndsbestemte envelopesignalet (s1'p). Ifølge en utførelse av oppfinnelsen er kombinasjonssignalet en gjennomsnittsverdi av envelopesignalene (s1'e). Det første sensorutgangssignalet (s1') kan være Fouriertransformert før de ulike frekvenskomponentene kombineres. I denne utførelsen kan noen av frekvenskomponentene vektes annerledes enn andre. Et bandpassfilter, høypassfilter eller lavpassfilter kan også benyttes for å redusere bidraget fra frekvenskomponenter som primært representerer støy. Kombinasjonen av signaler som beskrevet ovenfor vil forbedre signal-støy forholdet og gjøre det mulig å detektere tog tidligere. Det gjør det også mulig å kalkulere utgående varslingssignaler som representerer f.eks. avstand, hastighet, retning, tid til ankomst osv. mer nøyaktig.

I en utførelse av oppfinnelsen omfatter togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) fire sensorenheter (2a, 2b,....), to på hver side av en akustisk demper (7) i retningen til togskinnen (10b, 10 b). I denne utførelsen opererer de to demperne på en side som et par for å forbedre det resulterende signal-til-støy forholdet ved å anvende konvolusjonsteknikker eller andre relevante signalprosesseringsteknikker som beskrevet ovenfor. Når det resulterende signalet fra hvert par sammenlignes med det resulterende signalet fra det andre paret med sensorenheter (2a, 2b,....) kan et tog (6) i bevegelse, dets retning, hastighet osv. bli avledet fra de tilgjengelige signalene ved å kontinuerlig sammenligne deres envelopesignaler med hverandre og forhåndsbestemte signalenveloper for kjente togtyper.

Egenskapene til sensorenheten (2a, 2b,....) er viktige for at

togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) skal kunne detektere tog tidlig. Ifølge oppfinnelsen er hver av sensorenhetene (2a, 2b,....) delt inn i det minste et første kammer (21) og et andre kammer (22) hvor de første og de andre kammerne (21, 22) er separert av en EMC skjerming (23), hvor det første kammeret (21) omfatter;

- et piezoelektrisk element (24) festet til en yttervegg (25) til det første kammeret (21).
- en forsterker (26) innrettet til å forsterke et første element utgangssignal (s1eo) som representerer det første signalet (s1) detektert av det piezoelektriske elementet (24) hvor det første sensorutgangssignalet (s1') er det forsterkede utgangssignalet fra forsterkeren (26), hvor EMC skjermingen (23) omfatter én eller flere gjennomføringskondensatorer (27) innrettet til å overføre det første sensorutgangssignalet (s1') fra det første kammeret (21) til det andre kammeret (22), hvor det andre kammeret (22) omfatter én eller flere gjennomføringer (28) gjennom en av det andre kammerets yttervegger (29), hvor gjennomføringene (28) er innrettet til elektriske ledninger som bærer det første sensorutgangssignalet (s1'). Sensorenheten (2a, 2b,....) ifølge oppfinnelsen er i stand til å detektere og forsterke de første signalene (s1) I en utførelse er ytterveggen (25) til sensorenheten (2a, 2b,....) limt direkte på togskinnen (10a, 10b). Limtypen avhenger av systemets anvendelse. Lim med lang levetid eller skruer kan benyttes for permanente installasjoner. For et togdeteksjons-sikkerhetssystem (1) som benyttes i et vedlikeholdsområde kan et ikke-permanent lim benyttes for enkelt å kunne fjerne sensorene etter bruk. Sensorenheten med to kamre med gjennomføringskondensatorene (27) reduserer støyen som introduseres inn i det første kammeret (21) som har de svakeste signalene, og forbedrer dermed signal-til-støy forholdet til systemet. Sensorelementet kan i en utførelse av oppfinnelsen være et piezoelektrisk element (24) som er limt direkte til ytterveggen (25).

På grunn av størrelsesrestriksjoner for installasjoner på skinnene må de fysiske dimensjonene til sensoren være små.

I en utførelse av oppfinnelsen er sensorene basert på akselleometerteknologi, hvor sensorenhetene (2a, 2b,....) omfatter et piezoelektriske elementet (24) og en støysvak [Eng: noiseless] forsterker. Det piezoelektriske elementet (24) kan være festet til bunnen av huset til sensorenhetene (2a, 2b,....) for å sikre god akustisk kontakt mellom det piezoelektriske elementet (24) og huset.

Andre sensorer kan også benyttes i systemet og fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen. Viktige parametere er; robusthet og følsomhet, hvor potensielle sensorer kan være

geofoner eller MEMS sensorer basert på halvlederteknologi. Små sensorer kan festes direkte til skinnene ved f.eks. å benytte lim for dette formålet som gir den ønskede akustiske forbindelsen, eller hull kan drilles i skinneprofilen for å feste sensorene med skruer til skinnens ytre del. Alternativt kan sensorene festes til betongsvillene ved siden av eller mellom skinnene.

For å kunne anvende korrelasjons- og konvolusjonsmetoder for dataanalyse kan det installeres flere sensorer på begge skinnene ifølge en utførelse av oppfinnelsen. Sensorene kan plasseres i samme avstand langs skinnen, eller med varierende avstand avhengig av signalprosesseringsalgoritmen som benyttes.

I en utførelse av oppfinnelsen benyttes seismiske signaler i kombinasjon med akustiske signaler for å detektere toget (6) i bevegelse som vist i Fig. 2. Én eller flere av sensorenhetene (2a, 2b,....) er innrettet til å detektere et andre signal (s2) som propageres seismisk fra toget (6) gjennom bakken, hvor den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) er innrettet til å motta et andre sensorutgangssignal (s2') som representerer det andre signalet (s2) fra én eller flere av sensorenhetene (2a, 2b,....), kontinuerlig prosessere det andre sensorutgangssignalet (s2') og generere et togvarslingssignal (s10) som representerer karakteristikker til toget i bevegelse (6) basert på karakteristikker til de første sensorutgangssignalene (s1') og de andre sensorutgangssignalene (s2').

I en utførelse av oppfinnelsen er sensorkabler opp til 100 meter benyttet som signalbærere fra sensorene til det sentrale innsamlingssystemet. Selv om disse kablene er nokså bestandige, kan de beskyttes med kapper for å hindre skade på kablene dersom det er en permanent installasjon over flere måneder.

I en utførelse av oppfinnelsen utføres håndtering, digitalomvandling og lagring av de akustiske og/eller seismiske data av et innsamlingssystem som er i stand til å prosessere data fra flere kanaler i en kontinuerlig modus. Standardutstyr for konvensjonelle akustiske og/eller seismiske anvendelser slik det forstås av en fagmann på området er egnet til å oppfylle disse kravene.

Ifølge en utførelse av oppfinnelsen genereres et togvarslingssignal (s10) som omfatter et skinneavvikssignal (s14) når et avvik detekteres i togskinnen (10a, 10b). Skinneavvikssignalet (s14) kan bli generert når det ikke er noe tog på togskinnen og støykarakteristikkene er forskjellige fra en normalsituasjon. Det kan også genereres

pågrunn av uventet forskjell i mottatt signal fra toget på to toglinjer som fører den samme togtypen, slik som forskjell i envelopesignalet eller i frekvenskomponenter. I en lignende utførelse kan et togavvikssignal også genereres når det mottatte signalet indikerer et avvik ved toget, slik som f.eks. problemer på den ene siden av en boggi.

Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge oppfinnelsen kan være omfattet av, eller omfatte et antall redundante systemer for å sikre at systemet er i stand til å sende ut varslingssignaler selv om én av dets komponenter skulle feile. I en utførelse av oppfinnelsen er et andre sett med sensorenheter (2a, 2b,....) installert på togskinnen (10a, 10b) for å muliggjøre kontinuerlig drift selv om en av sensorene feiler. Installasjon av sensorene på separate skinner vil sikre at systemet virker selv i det tilfellet hvor skinnen ryker og det akustiske signalet ikke propagerer.

I en utførelse omfatter toget (6) en radiosender som kontinuerlig sender ut et utgående togsignal. I denne utførelsen omfatter togdeteksjonssikkerhetssystem (1) en radiomottaker og nødvendig tilleggsutstyr, slik som antenne osv. for å detektere det utgående togsignalet når det stiger over en viss grenseverdi for signalet. Slike signaler kan kodes med togidentifikasjon og koordinatinformasjon for å videre kvalifisere behovet for utsendelse av varslingssignaler når utgangssignalet fra toget detekteres. Vanlige radiosystemer som allerede er tatt i bruk av togoperatøren, slik som GPRS kan også benyttes til dette formålet.

Patentkrav

1. Et togdeteksjonssikkerhetssystem (1) som omfatter en styringsenhet (3) og én eller flere sensorenheter (2a, 2b,....) innrettet til å festes til i det minste en skinne (10a, 10) på en toglinje,
- hvor hver av sensorenhetene (2a, 2b,....) er innrettet til å detektere et første signal (s1) indusert fra et tog (6) i bevegelse og propagert gjennom togskinnen (10a, 10b),
- hvor styringsenheten (3) omfatter en signalprosessor (31) innrettet til å motta første sensorutgangssignaler (s1') som representerer de første signalene (s1) fra hver av de én eller flere sensorenhetene (2a, 2b,....), hvori signalprosesseringsenheten (31) omfatter en envelopedetektor (32) innrettet til kontinuerlig å detektere et envelopesignal (s1'e) i det første sensorutgangssignalet (s1') fra hver av sensorenhetene (2a, 2b,....), og en envelopesignalkomparator (33) innrettet til kontinuerlig å sammenligne en tidsperiode (T) av envelopesignalene (s1'e) detektert fra det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste én av sensorenhetene (2a, 2b,....) med et forhåndsbestemt envelopesignal (s1'p) og generere et togvarslingssignal (s10) som indikerer et ankommende tog (6) når envelopesignalet (s1'e) har en stigende amplitude i forhold til det forhåndsbestemte envelopesignalet (s1'p) i tidsperioden (T).

2. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge krav 1, hvor en akustisk demper (7) innrettet til å dempe det første signalet (s1) er innrettet i fysisk kontakt med togskinnen (10a, 10b) mellom to av sensorenhetene (2a, 2b,....) hvor begge er festet til den samme togskinnen (10a, 10b).

3. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge krav 1, hvor envelopesignalkomparatoren (33) er innrettet til kontinuerlig å sammenligne envelopesignalet (s1'e) for det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste to av sensorenhetene (2a, 2b,....) festet til den samme togskinnen (10a, 10b) og videre innrettet til å detektere en retning (s11) til toget (6) i bevegelse, hvor togvarslingssignalet (s10) omfatter retningen (s11) til toget (6).

4. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge krav 1, hvor den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) er innrettet til å generere et togvarslingssignal (s10) som representerer en togtype (s12) til toget (6) i bevegelse når envelopesignalkomparatoren (33) detekterer at envelopesignalet (s1'e) er ekvivalent med et forhåndsbestemt envelopesignal (s1'p) i tidsperioden (T).

5. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge krav 1, hvor den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) er innrettet til å generere et togvarslingssignal (s10) som representerer avstanden (s13) til et ankommende tog (6) ved å sammenligne økningen eller minkningen til amplituden til envelopesignalet (s1'e) med det forhåndsbestemte envelopesignalet (s1'p) i envelopesignalkomparatoren (33).

6. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 5, hvori i det minste én av sensorenhetene (2a, 2b,....) er innrettet på en motsatt side, i skinnenes (10a, 10) langsgående retning av en planovergang relativt i det minste én av de andre sensorenhetene (2a, 2b,....).

7. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge krav 6, hvori den datamaskinimplementerte signalprosessoren (31) er innrettet til å generere et togvarslingssignal (s10) som omfatter en ventetid som skal presenteres for et kjøretøy som venter på å krysse planovergangen.

8. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 7, som omfatter en lydsignalkomparator (34) innrettet til å sammenligne frekvenskomponenter i det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste to av sensorenhetene (2a, 2b,....) opp til 50 Hz .

9. Togdeteksjonssikkerhetssystemet (1) ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 8, hvori hver av sensorenhetene (2a, 2b,....) er delt inn i det minste et første kammer (21) og et andre kammer (22) hvor det første og det andre kammeret (21, 22) er separert av en EMC skjerming (23), hvor det første kammeret (21) omfatter:
- et piezoelektrisk element (24) festet til en yttervegg (25) i det første kammeret (21).
- en forsterker (26) innrettet til å forsterke et første elementutgangssignal (s1eo) som representerer det første signalet (s1) detektert av det piezoelektriske elementet (24) hvor det første sensorutgangssignalet (s1') er det forsterkede utgangssignalet fra forsterkeren (26), hvor EMC skjermingen (23) omfatter én eller flere gjennomføringskondensatorer (27) innrettet til å overføre det første sensorutgangssignalet (s1') fra det første kammeret (21) til det andre kammeret (22), hvor det andre kammeret (22) omfatter én eller flere gjennomføringer (28) gjennom en av det andre kammerets yttervegger (29), hvor gjennomføringene (28) er innrettet til elektriske ledninger som fører det første sensorutgangssignalet (s1').

10. En fremgangsmåte for tidlig deteksjon av et tog (6) i bevegelse på en skinne

(10a, 10b) på en toglinje, som omfatter følgende steg;

- feste én eller flere av sensorenhetene (2a, 2b,....) til i det minste én togskinne (10a, 10b),
- detektere ett eller flere første signaler (s1) indusert fra et tog (6) i bevegelse og propagert gjennom togskinnen (10a, 10b) i sensorenhetene (2a, 2b,....),
- motta første sensorutgangssignaler (s1') som representerer de første signalene (s1) i en signalprosessor (31).
- kontinuerlig detektere et envelopesignal (s1'e) i det første sensorutgangssignalet (s1') fra hver av sensorenhetene (2a, 2b,....) i en envelopedetektor (32) i signalprosessoren (31),
- kontinuerlig sammenligne en tidsperiode (T) av envelopesignalene (s1'e) detektert fra det første sensorutgangssignalet (s1') fra i det minste én av sensorenhetene (2a, 2b,....) med et forhåndsbestemt envelopesignal (s1'p) i en envelopesignalkomparator (33) i signalprosessoren (31), og
- generere et togvarslingssignal (s10) som indikerer et ankommende tog (6) når envelopesignalet (s1'e) har en stigende amplitude i forhold til det forhåndsbestemte envelopesignalet (s1'e) i tidsperioden (T).

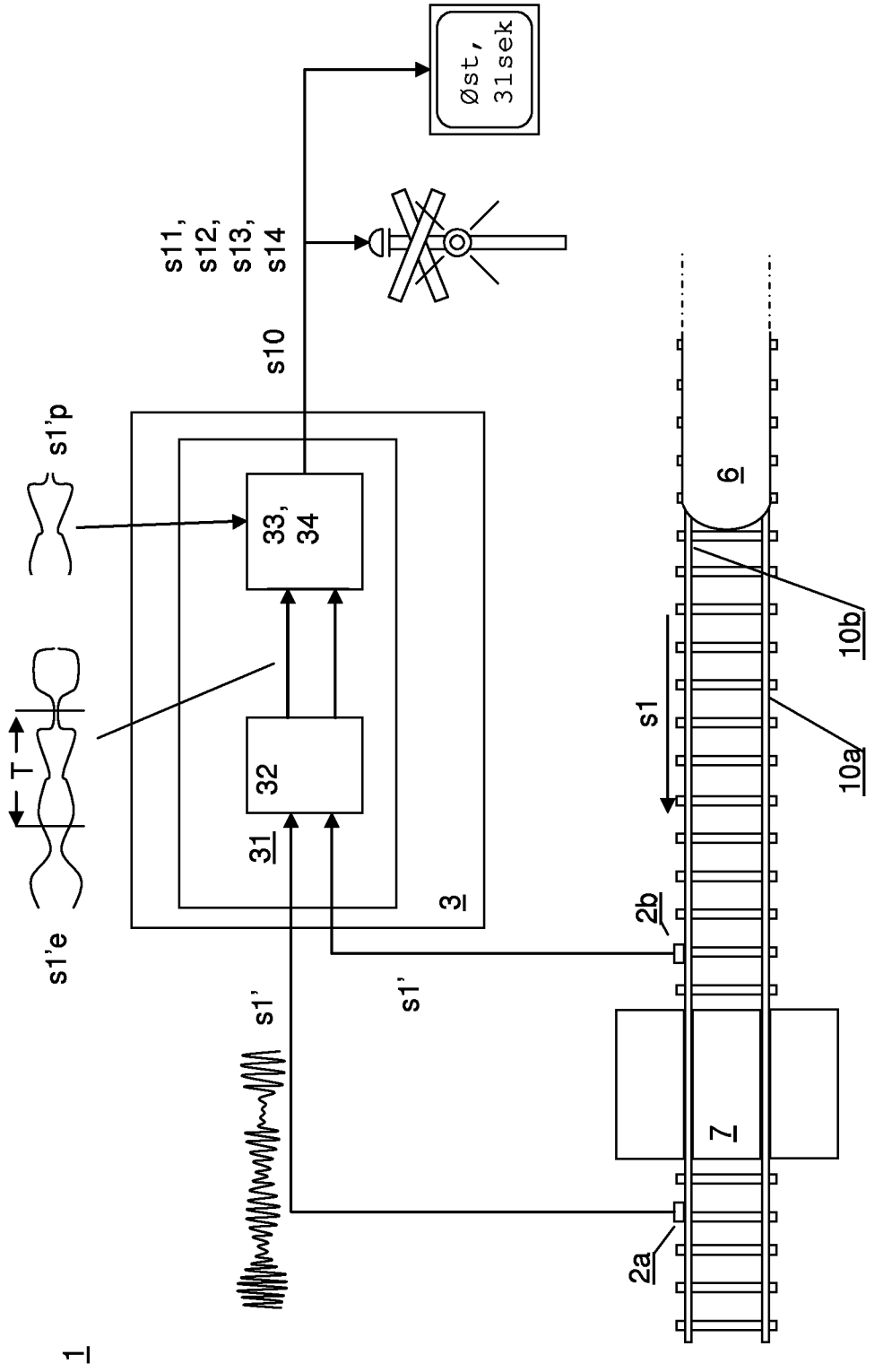

Øst,
31sek
s11,
s12,
s13,
s14
s10
s1'p
33,
34
T
32
31
3
s1'e
s1'
s1'
s1
6
10b
10a
2b
2a
7
1

Fig. 1

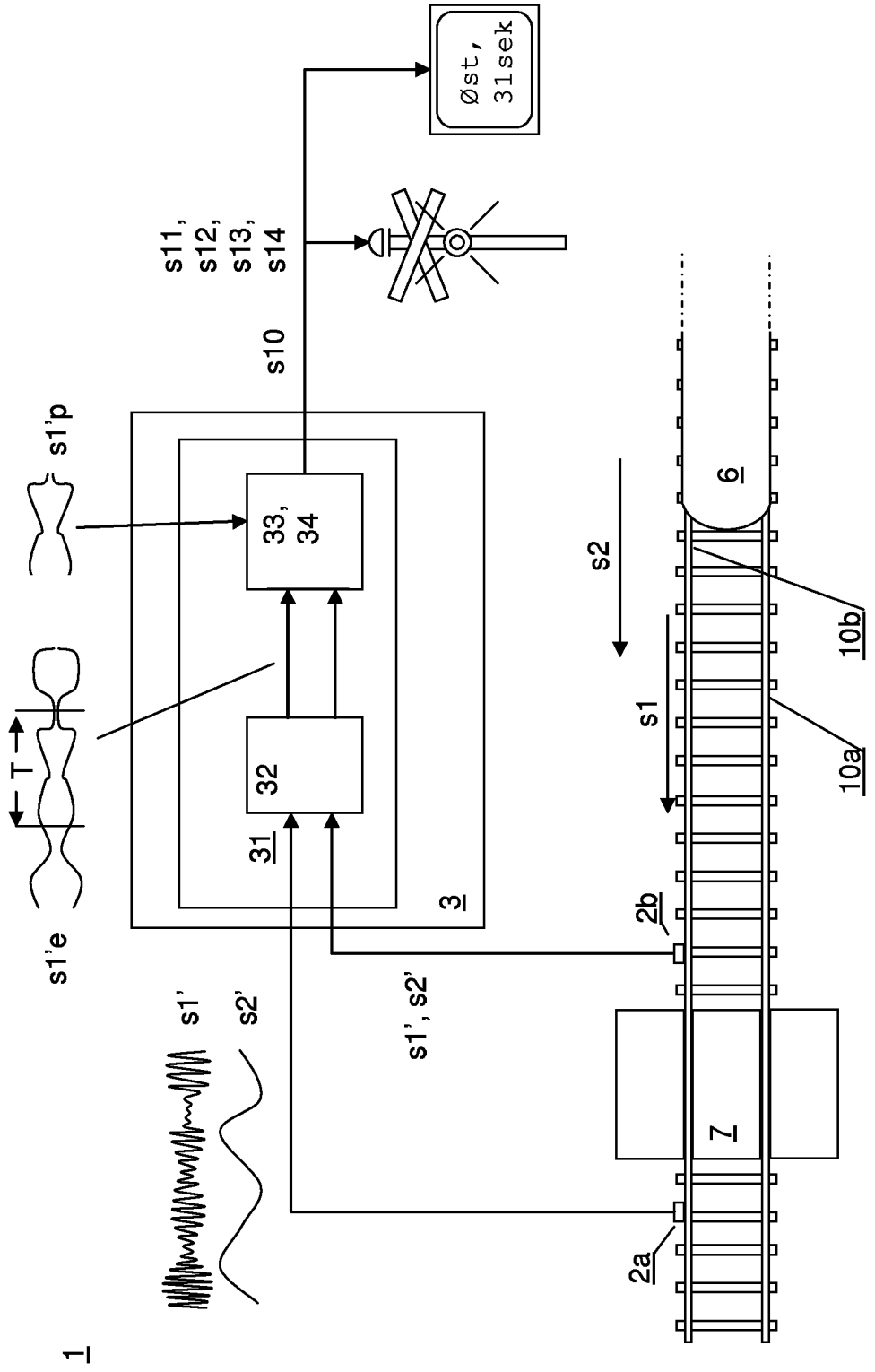

1
s1'e
s1'p
T
31
32
33,
34
3
s1', s2'
s1'
s2'
s10
s11,
s12,
s13,
s14
Øst,
31sek
s2
s1
6
10b
10a
2b
2a
7

Fig. 1

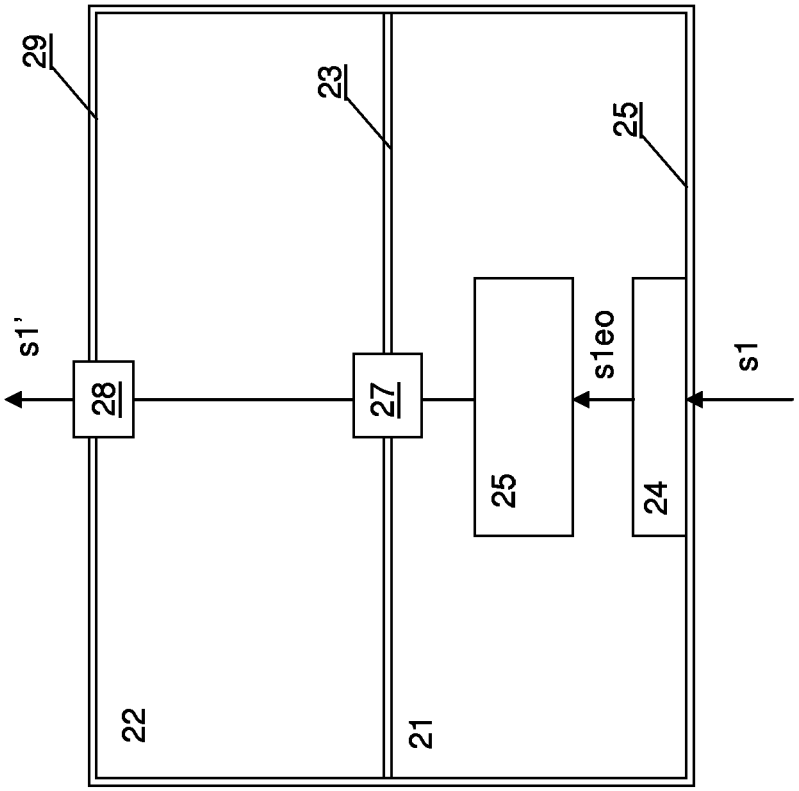


Fig. 3