



Sverige

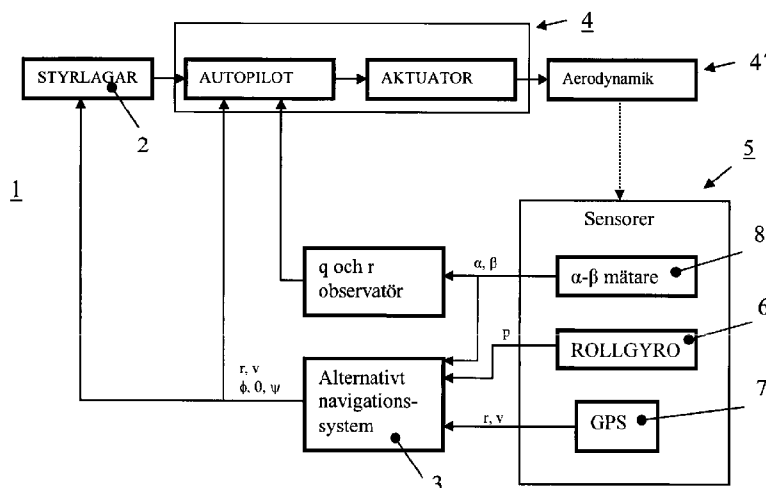
(12) Patentskrift

(10) SE 536 846 C2

(21) Patentansökningsnummer:	1130087-8	(51) Int.Cl.:	
(45) Patent meddelat:	2014-09-30	F41G 9/00	(2006.01)
(41) Ansökan allmänt tillgänglig:	2013-03-21	G01C 21/16	(2006.01)
(22) Ingivningsdag:	2011-09-20		
(24) Löpdag:	2011-09-20		
(30) Prioritetsuppgifter:	---		

- (73) Patenthavare: BAE Systems Bofors AB, , 691 80 Karlskoga SE
(72) Uppfinnare: Daniel Brohede, Karlskoga SE
(74) Ombud: Nobeli Business Support AB, Patent och varumärken, 691 80, Karlskoga SE
(54) Benämning: Metod och GNC-system för bestämning av rollvinkel hos en projektil
(56) Anförda publikationer: ---
(57) Sammandrag:

Uppfinningen avser en metod för rollvinkelbestämning av styrbar och huvudsakligen eller delvis rollstabil projektil innefattande styrsystem, radiobaserad positioneringsmottagare samt sensor för mätning av rollvinkelhastighet där följande steg innefattas; påverkan av projektilens aktuatorer genom det i projektilen innefattande styrsystemet för manövrering av projektilen; estimering av en första signal, projektilstyrkraften, utifrån det i projektilen innefattande styrsystemet; mätning av en andra signal, projektilens hastighet relativt det markfast koordinatsystemet, med den i projektilen monterade radiobaserade positioneringsmottagaren; mätning av en tredje signal, rotationshastigheten, med den i projektilen monterade sensorn för rollvinkelhastighet; beräkning av en rollvinkel utifrån den första, andra och tredje signalen, estimerad projektilstyrkraft, uppmätt projektilhastighet samt uppmätt rotationshastighet, genom summering av den absoluta vinkelförändringen med viktning av en vinkelskattningen. Uppfinningen avser dessutom ett GNC-system (1) för styrbar projektil innefattande styrsystem (4), radiobaserat positioneringssystem samt en sensor för mätning av rollvinkelhastighet.



SAMMANDRAG

Uppfinningen avser en metod för rollvinkelbestämning av styrbar och huvudsakligen eller delvis rollstabil projektil innefattande styrsystem, radiobaserad

- 5 positioneringsmottagare samt sensor för mätning av rollvinkelhastighet där följande steg innefattas; påverkan av projektilens aktuatorer genom det i projektilen innefattande styrsystemet för manövrering av projektilen; estimering av en första signal, projektilstyrkraften, utifrån det i projektilen innefattande styrsystemet; mätning av en
10 andra signal, projektilens hastighet relativt det markfast koordinatsystemet, med den i projektilen monterade radiobaserade positioneringsmottagaren; mätning av en tredje signal, rotationshastigheten, med den i projektilen monterade sensorn för rollvinkelhastighet; beräkning av en rollvinkel utifrån den första, andra och tredje signalen, estimerad projektilstyrkraft, uppmätt projektilhastighet samt uppmätt rotationshastighet, genom summering av den absoluta vinkelförändringen med viktning
15 av en vinkelskattningen. Uppfinningen avser dessutom ett GNC-system (1) för styrbar projektil innefattande styrsystem (4), radiobaserat positioneringssystem samt en sensor för mätning av rollvinkelhastighet.

Fig. 1.

METOD OCH GNC-SYSTEM FÖR BESTÄMNING AV ROLLVINKEL HOS EN PROJEKTIL

TEKNISKT OMRÅDE

5 Föreliggande uppfinning avser en metod för att bestämma och beräkna rollvinkeln för en projektil försedd med ett radiobaserat positioneringssystem, ett navigeringssystem samt en sensor för bestämning av rollvinkelhastighet. Uppfinningen utgör därtill ett GNC-system för projektil försedd med ett radiobaserat positioneringssystem, ett navigeringssystem samt en sensor för bestämning av rollvinkelhastighet.

10

UPPFINNINGENS BAKGRUND, PROBLEMSTÄLLNING OCH KÄND TEKNIK

Styrbara projektiler använder olika former av system för att mäta och/eller beräkna sin aktuella position samt system för att styra projektilen mot projektilens mål. Ett
15 samlande namn för dessa system är GNC-system där GNC står för Guidance, Navigation samt Control. Kännedom om aktuell position, med så hög noggrannhet som möjligt, är relevant för att beräkna hur projektilen skall styras för att nå sitt mål. I moderna projektiler är en del av GNC-systemet ett navigeringssystem. Navigeringssystemet består ofta av en GPS-mottagare samt en INS-enhet. INS, som står
20 för Inertial Navigation System, använder en IMU-enhet som sensor för att mäta den dynamiska förändringen. IMU-enheten, där IMU står för Inertial Measurement Unit, mäter projektilens accelerationer och vinkelhastigheter. IMU-enheten är, i de flesta fall, utförd med tre gyroskop och tre accelerometrar. IMU-enheten använder död räkning för positionsbestämning, det vill säga att positionsförändringen beräknas utifrån hastighet,
25 förflytningsriktning och tid. INS-enheten använder sensordata från IMU-enheten för att beräkna projektilens position, hastighetsvektor och orientering.

GPS-mottagaren tar emot positioneringsinformation från ett antal GPS-satelliter och beräknar utifrån denna information en position och hastighet. Genom att kombinera och
30 beräkna information från GPS-mottagaren och IMU-enheten kan aktuell position och hastighet bestämmas med hög noggrannhet. Projektilens position och hastighet kan beräknas med GPS-mottagaren och/eller information från IMU-enheten. Projektilens förändring i attityd och vinkling, benämnda girvinkel (yaw), tippvinkel (pitch) samt rollvinkel (roll), mäts med de i IMU-enheten ingående gyroskop.

35

Tidigare kända lösningar återfinns exempelvis i US-6,163,021 A som beskriver ett sensorsystem för roterande objekt i ett magnetfält där sensorsystemet ger

navigationsinformation relativt en känd position. Sensorsystemet innefattar magnetiska sensorer och använder jordens magnetfält som referens för beräkning av projektilens rotation. Att utnyttja jordens magnetfält begränsar hur projektilen kan vara orienterad relativt magnetfältet vilket medför begränsningar i funktionalitet för projektilen.

5

Exempel på en annan tidigare känd lösning återfinns i US-6,779,752 B1 som beskriver ett guidance-system utan något gyroskop. Det beskrivna systemet använder tre accelerometrar samt en GPS-mottagare. Ett problem med det beskrivna systemet är att ingen eller begränsad information fås om rollvinkel vilket innebär att navigationssystemet ej ger en korrekt eller komplett positionsbestämning.

10

Problem med nu existerande lösningar enligt ovan nämnda dokument US-6,163,021 A är att en roterande projektil för bestämning av rollvinkel förutsätts. Problem med nu existerande lösningar enligt ovan nämnda dokument US-6,779,752 B1 är att det beskrivna navigationssystemet inte ger en korrekt eller komplett positionsbestämning.

15

Ytterligare problem som uppfinningen avser att lösa framgår i anslutning till den efterföljande detaljerade beskrivningen av de olika utföringsformerna.

20

UPPFINNINGENS SYFTE OCH DESS SÄRDRAG

Föreliggande uppfinning ger rollvinkelinformation för en projektil med god noggrannhet utifrån ett färre antal sensorer än konventionella system.

25

Föreliggande uppfinning utgörs av en metod för rollvinkelbestämning av styrbar och huvudsakligen eller delvis rollstabil projektil innefattande styrsystem, radiobaserad positioneringsmottagare samt sensor för mätning av rollvinkelhastighet där följande steg innefattas;

30

(a) påverkan av projektilens aktuatorer genom det i projektilen innefattande styrsystemet för manövrering av projektilen;

(b) estimering av en första signal, projektilstyrkraften, utifrån det i projektilen innefattande styrsystemet;

35

(c) mätning av en andra signal, projektilens hastighet relativt ett markfast koordinatsystem, med den i projektilen monterade radiobaserade positioneringsmottagaren;

(d) mätning av en tredje signal, rotationshastigheten, med den i projektilen monterade sensorn för rollvinkelhastighet;

(e) beräkning av en rollvinkel genom summering av den absoluta vinkelförändringen med viktning av en vinkelskattning där den absoluta vinkelförändringen och vinkelskattningen beräknas utifrån den första, andra och tredje signalen, estimerad projektilstyrkraft, uppmätt projektilhastighet samt uppmätt rotationshastighet samt att
 5 den absoluta vinkelförändringen är en absolut vinkelförändring för minst en hastighetsvektor.

Enligt ytterligare aspekter för den förbättrade metoden för rollvinkelbestämning enligt uppfinningen gäller;

10

att den absoluta vinkelförändringen sätts att motsvara resultantvinkeln av projektilhastighetsvektorns tippvinkelförändring och projektilhastighetsvektorns girvinkelförändring.

15

att vinkelskattningen uppfattas som ett medelvärde av en anfallsvinkelskattning.

att vinkelskattningen uppfattas som ett medelvärde av en styrkraftsvinkelskattning.

20

att medelvärdet av anfallsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent, β , och den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α .

25

att medelvärdet av styrkraftsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns girkomponent, och den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns tippkomponent.

att beräkning sker med filtrering.

30

att tippvinkel, θ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α .

35

att tippvinkel, θ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som

styr hastighetsvektorns tippkomponent.

att girvinkel, ψ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns
 5 girkomponent, β , från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultat.

att girvinkel, ψ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns
 10 girkomponent, från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultat.

Uppfinningen avser därtill ett GNC-system för styrbar projektil innefattande styrsystem, radiobaserat positioneringssystem, sensor för mätning av rollvinkelhastighet för
 15 bestämning av rollvinkel där;

(a) det i GNC-systemet innefattande styrsystemet för manövrering av projektilen är anordnat att påverka projektilens aktuatorer;

(b) det i GNC-systemet innefattande styrsystemet är anordnat att estimeras en första signal, projektilstyrkraft;

20 (c) den i GNC-systemet monterade radiobaserade positioneringsmottagaren är anordnad att mäta en andra signal, projektilens hastighet relativt ett markfast koordinatsystem;

(d) den i GNC-systemet monterade sensorn för rollvinkelhastighet är anordnad att mäta en tredje signal, rotationshastighet;

25 (e) GNC-systemet är anordnat att beräkna, utifrån den första, andra och tredje signalen, estimerad projektilstyrkraft, uppmätt projektilhastighet samt uppmätt rotationshastighet, en rollvinkel genom summering av den absoluta vinkelförändringen med viktning av en vinkelskattning.

30 Enligt ytterligare aspekter för det förbättrade GNC-systemet för styrbar projektil enligt uppfinningen gäller;

att GNC-systemet är anordnat så att den absoluta vinkelförändringen sätts att motsvara resultantvinkeln av projektilhastighetsvektorns tippvinkelförändring och projektilhastighetsvektorns girvinkelförändring.

35

att GNC-systemet är anordnat att uppfatta vinkelskattningen som ett medelvärde av en anfallsvinkelskattning.

5 att GNC-systemet är anordnat att uppfatta vinkelskattningen som ett medelvärde av en styrkraftsvinkelskattning.

att GNC-systemet är anordnat att uppfatta att medelvärdet av anfallsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent, β , och den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α .

10

att GNC-systemet är anordnat att uppfatta att medelvärdet av styrkraftsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns girkomponent, och den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns tippkomponent.

15

att GNC-systemet är anordnat att beräkna med filtrering.

att sensor för mätning av rollvinkelhastighet är ett gyroskop.

20

att den radiobaserade positioneringsmottagaren är en GPS-mottagare.

att GNC-systemet är anordnat att beräkna en tippvinkel, θ , där GNC-systemet är anordnat att använda den beräknade tippvinkeln, θ , för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α .

25

att GNC-systemet är anordnat att beräkna en tippvinkel, θ , där GNC-systemet är anordnat att använda den beräknade tippvinkeln, θ , för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns tippkomponent.

30

att GNC-systemet är anordnat att beräkna en girvinkel, ψ , där GNC-systemet är anordnat att använda den beräknade girvinkeln, ψ , för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, genom subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr

35

anfallsvinkelns girkomponent, β , från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant.

att GNC-systemet är anordnat att beräkna en girvinkel, ψ , där GNC-systemet är
 5 anordnat att använda den beräknade girvinkeln, ψ , för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, genom subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns girkomponent, från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant.

10

FÖRDELAR OCH EFFEKTER MED UPPFINNINGEN

Utifrån föreslagen metod kan information från en GPS-mottagare, ett rollgyro samt en skattning av anfallsvinkel användas för att beräkna rollvinkeln. Roll-, tipp- och girvinkel tillsammans med en GPS-mottagare ger en komplett sensorinformation för ett
 15 GNC-system. Det går således att konstruera ett komplett GNC-system nyttjande endast ett gyroskop vilket medför kostnadsbesparing och förenkling av konstruktion, minskad fysisk storlek på navigationssystemet och även ett mer robust system jämfört med ett konventionellt GNC-system med tre gyroskop. I en alternativ lösning kan information från en GPS-mottagare, ett rollgyro samt den på styranordningen verkande styrkraften
 20 användas för att beräkna rollvinkeln.

FIGURFÖRTECKNING

Uppfinningen kommer i det följande att beskrivas närmare under hänvisning till de
 25 bifogade figurerna där:

Fig. 1 visar blockschema för beräkning av rollvinkeln i ett första utförande i fallet att anfallsvinkeln skattas utifrån den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent respektive den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent
 30 enligt uppfinningen.

Fig. 2 visar blockschema för beräkning av rollvinkeln i ett andra utförande i fallet att styrkraftens riktning och storlek skattas utifrån hastighetsvektorns tippkomponent respektive hastighetsvektorns girkomponent enligt uppfinningen.
 35

Fig. 3 visar en projektil utförd med rollvinkelbestämning enligt uppfinningen.

DETALJERAD UTFÖRANDEBESKRIVNING

I Fig. 1 visas ett blockschema över ett reducerat GNC-system 1 innefattande ett guidance-system 2 ett navigeringssystem 3 och ett styrsystem 4. Styrsystemet 4 styr styrdon i form av fenor eller canarder. På projektilen verkande Aerodynamik 4' påverkar projektilen i projektilens bana. Förändringar på projektilen påverkar informationen från sensorer 5, så som exempelvis rollgyro 6, GPS-mottagare 7 samt anfallsvinkelmätare betecknad som α - β -mätare 8. Uppmätt information från sensorerna 5 är indata för beräkning av rollvinkel.

10

I Fig. 2 visas ett blockschema över ett reducerat GNC-system 1' innefattande ett guidance-system 2 ett navigeringssystem 3' och ett styrsystem 4. Styrsystemet 4 styr styrdon i form av fenor eller canarder. På projektilen verkande Aerodynamik 4' påverkar projektilen i projektilens bana. Förändringar på projektilen påverkar informationen från sensorer 5', så som exempelvis rollgyro 6 och GPS-mottagare 7. Uppmätt information från sensorerna 5 är indata för beräkning av rollvinkel.

15

I Fig. 3 visas figur över styrbar projektil 9 utförd med GNC-system innefattande rollvinkelbestämning enligt uppfinningen. I figuren visas ett för projektilen kroppsfast koordinatsystem X , Y och Z , en hastighetsvektor V samt anfallsvinklarna α samt β , där α symboliserar anfallsvinkelns tippkomponent samt β symboliserar anfallsvinkelns girkomponent. Tippkomponenten för anfallsvinkeln är således förändringen i det plan som spänns upp av X -axeln och Z -axeln och girkomponenten för anfallsvinkeln är förändringen i det plan som spänns upp av X -axeln och Y -axeln och där planet vinklats längs Y -axeln av vinkeln α . I figuren visas projektilens fenor i form av canardfenor 10.

20

Genom att mäta rollvinkel (roll), girvinkel (yaw), tippvinkel (pitch) samt aktuella koordinater med ett radiobaserat positioneringssystem fås ett komplett GNC-system i ett första utförande vilket visas i figur 1. Den radiobaserade positioneringsmottagaren, som kan vara en GPS-mottagare 7, en mottagare för radarinvisning eller annan radiobaserad positioneringsutrustning, är utförd för att motta positioneringsinformation och därmed även kunna beräkna hastighetsinformation. Rollvinkelhastighet kan uppmätas med gyroskop 6, företrädesvis ett så kallat ratogyro som mäter rollvinkelhastighet. Rollvinkelhastighet kan även mätas med magnetometer eller på annat sätt. Anfallsvinkel uppmäts med eller skattas med en i projektilen innefattande α - β -mätare 8. Anfallsvinklarna betecknas α samt β , där α symboliserar anfallsvinkelns tippkomponent samt β symboliserar anfallsvinkelns girkomponent, visat i figur 3.

30

35

Det i projektilen monterade GNC-systemet 1, där GNC står för Guidance, Navigation samt Control, mäter aktuella mätvärden från sensorer, beräknar och prognostiserar banan för att nå mot mål och styr och reglerar de reglerdon eller aktuatorer och därmed de styrdon som projektilen är utrustad med. Navigeringssystemet 3 (Navigation) ger styrsystemet 4 information om projektilens aktuella position och hastighet. Guidance-systemet 2 bestämmer och beräknar föredragen väg till mål och därmed önskad förändring avseende hastighet, rotation och/eller acceleration för att följa den beräknade vägen till målet. Styrsystemet 4 (Control) styr och reglerar de krafter som styr projektilen, krafterna verkställs med exempelvis aktuatorer, motorer eller servon som i sin tur förflyttar eller på annat sätt påverkar styrdon i form av fenor/roder eller styrcanarder 10 för att styra projektilen utifrån den av Guidance-systemet 2 beräknade vägen mot målet. Styrsystemet 4 ansvarar även för att hålla projektilen stabil under dess bana från utskjutningsanordning till mål.

Projektilen är utrustad med canarder/fenor 10 eller andra styrdon för att styra projektilen i projektilens bana mellan utskjutningsanordning och mål. Då projektilen styrs för att ändra kurs mäts förändringen av hastighetsvektorn V i förhållande till en prognostiserad ballistisk bana. Förändringarna återkopplas i en styralgoritm och jämförs med börvärdet på styrsignalerna för utstyrning av anfallsvinkeln. Förändring avseende hastighetsvektorn V uppmättes med sensor för rollvinkelhastighet, som mäter rotationshastighet, och det radiobaserade positioneringssystemet, som ger hastighet relativt det markfasta koordinatsystemet.

Med indata rollhastighet, hastighetsförändring relativt det markfasta koordinatsystemet samt prognostiserad anfallsvinkelförändring kan rollvinkeln beräknas. Beräkning sker företrädesvis med olika former av filterfunktioner. Beräkningen sker i projektilens navigeringssystem 3. Resultatet är att ett komplett GNC-system uppnås genom att såväl rollvinkel, tippvinkel samt girvinkel kan beräknas samt att position och hastighet utifrån det markfasta koordinatsystemet kan mätas med det radiobaserade positioneringssystemet.

Beräkning av tippvinkel, θ , sker genom summering av den av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta hastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α , enligt sambandet:

$$\theta \approx \arctan\left(\frac{-v_z}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}}\right) + \alpha \text{ där } v_x, v_y \text{ samt } v_z \text{ är hastighetsvektorns komponenter.}$$

Beräkning av girvinkel, ψ , sker genom subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent, β , från den av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta hastighetskomponenternas resultant enligt sambandet: $\psi \approx \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) - \beta$ där v_x samt v_y är hastighetsvektorns komponenter.

Beräkning av rollvinkel, ϕ , sker genom summering av den absoluta vinkelförändringen för hastighetsvektorn med viktning av medelvärdet av anfallsvinkelskattningen. Beräkning av medelvärdet av anfallsvinkelskattningen motsvarar medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent, β , och den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α . Absolutvärdet av rollvinkeln fås således av sambandet:

$$15 \quad \varphi_{AbsRoll} = \varphi_{AbsVel} - \arctan\left(\frac{-(\beta[k] + \beta[k-1] + \dots + \beta[k-n+1] + \beta[k-n])}{\alpha[k] + \alpha[k-1] + \dots + \alpha[k-n+1] + \alpha[k-n]}\right).$$

Beräkning av den absoluta vinkelförändringen för hastighetsvektorn motsvarar resultantvinkeln av hastighetsvektorns tippvinkelförändring och hastighetsvektorns girvinkelförändring enligt sambandet: $\varphi_{AbsVel} = \arctan\left(\frac{\psi_{DIFF}}{\theta_{DIFF}}\right)$.

20

Där hastighetsvektorns girvinkelförändring, där k och n är tidssteg, beräknas enligt sambandet: $\psi_{DIFF}[k] = \psi_{Vel}[k] - \psi_{Vel}[k-n]$.

Där hastighetsvektorns girvinkeln, ψ_{Vel} , beräknas enligt sambandet: $\psi_{Vel} = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right)$

25 där v_x samt v_y är hastighetsvektorns komponenter.

Samt där hastighetsvektorns tippvinkelförändring beräknas på samma sätt som girvinkelförändringen men med kompensation för gravitationen enligt sambandet:

$$\theta_{DIFF} = \theta_{Vel}[k] - \arctan\left(\frac{-(v_z[k-n] + g \cdot n \cdot T_s)}{\sqrt{v_x[k-n]^2 + v_y[k-n]^2}}\right) \text{ där } v_x, v_y \text{ samt } v_z \text{ är}$$

hastighetsvektorns komponenter, g är gravitationen, k och n är tidssteg och T_s är sampeltid.

Där hastighetsvektorns tippvinkel, θ_{vel} , beräknas enligt sambandet:

$$5 \quad \theta_{vel} = \arctan\left(\frac{-v_z}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}}\right) \text{ där } v_x, v_y \text{ samt } v_z \text{ är hastighetsvektorns komponenter.}$$

Beräkningarna utföres företrädesvis med filterfunktioner men även på andra tillämpliga sätt inkluderande tabeller (lookup table), estimeringar eller på andra sätt. Företrädesvis sker beräkning i någon form av programmerbart system innefattande en mikroprocessor, signalprocessor eller annan elektronik för beräkning.

Ett andra utförande av GNC-system 1', exempelvis för projektiler som genererar styrkrafter utan att en anfallsvinkel skapas, visas i figur 2. I det andra utförandet av GNC-systemet 1' kan rollvinkel bestämmas utifrån hastighetsvektorns tippkomponent respektive hastighetsvektorns girkomponent. Med indata rollhastighet, hastighetsförändring relativt det markfasta koordinatsystemet samt hastighetsvektorns girkomponent och hastighetsvektorns tippkomponent kan rollvinkeln beräknas. Beräkning sker företrädesvis med olika former av filterfunktioner. Beräkningen sker i projektilens navigeringssystem 3'. Resultatet är att ett komplett GNC-system uppnås genom att såväl rollvinkel, tippvinkel och girvinkel kan beräknas samt att position och hastighet utifrån det markfasta koordinatsystemet kan mätas med det radiobaserade positioneringssystemet.

Exempel på projektil med GNC-system tillämplande metod för rollvinkelbestämning är en rollstabiliserad 155 mm artillerigranat försedd med fyra styrkanarder, GPS-mottagare, anfallsvinkelbestämning samt gyro för uppmätning av rollvinkel.

ALTERNATIVA UTFÖRINGSFORMER

Uppfinningen är inte begränsad till de speciellt visade utföringsformerna utan kan varieras på olika sätt inom patentkravens ram.

Det inses exempelvis att antalet, storleken, materialet och formen av de i metoden för bestämning av rollvinkel och GNC-systemet ingående elementen och detaljerna

anpassas efter det eller de system och övriga konstruktionsegenskaper som för tillfället föreligger.

- 5 Det inses att ovan beskrivna metod för bestämning av rollvinkel och/eller navigationssystem kan tillämpas för i princip alla farkoster och system innefattande flygplan, projektiler och missiler.

PATENTKRAV

1. Metod för rollvinkelbestämning av styrbar och huvudsakligen eller delvis rollstabil projektil innefattande styrsystem, radiobaserad positioneringsmottagare samt sensor för mätning av rollvinkelhastighet
5 **kännetecknad av** att följande steg innefattas;
(a) påverkan av projektilens aktuatorer genom det i projektilen innefattande styrsystemet för manövrering av projektilen;
(b) estimering av en första signal, projektilstyrkraften, utifrån det i projektilen innefattande styrsystemet;
10 (c) mätning av en andra signal, projektilens hastighet relativt ett markfast koordinatsystem, med den i projektilen monterade radiobaserade positioneringsmottagaren;
(d) mätning av en tredje signal, rotationshastigheten, med den i projektilen monterade sensorn för rollvinkelhastighet;
15 (e) beräkning av en rollvinkel genom summering av den absoluta vinkelförändringen med viktning av en vinkelskattning där den absoluta vinkelförändringen och vinkelskattningen beräknas utifrån den första, andra och tredje signalen, estimerad projektilstyrkraft, uppmätt projektilhastighet samt
20 uppmätt rotationshastighet samt att den absoluta vinkelförändringen är en absolut vinkelförändring för minst en hastighetsvektor.
2. Metod för rollvinkelbestämning enligt krav 1, **kännetecknad av** att den absoluta vinkelförändringen sätts att motsvara resultantvinkeln av
25 projektilhastighetsvektorns tippvinkelförändring och projektilhastighetsvektorns girvinkelförändring.
3. Metod för rollvinkelbestämning enligt något av krav 1 - 2, **kännetecknad av** att vinkelskattningen uppfattas som ett medelvärde av en anfallsvinkelskattning.
30
4. Metod för rollvinkelbestämning enligt något av krav 1 - 2, **kännetecknad av** att vinkelskattningen uppfattas som ett medelvärde av en styrkraftsvinkelskattning.
5. Metod för rollvinkelbestämning enligt krav 3, **kännetecknad av** att
35 medelvärdet av anfallsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns

girkomponent, β , och den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α .

- 5 6. Metod för rollvinkelbestämning enligt krav 4, **kännetecknad av** att medelvärdet av styrkraftsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns girkomponent, och den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns tippkomponent.
- 10 7. Metod för rollvinkelbestämning enligt något av föregående krav, **kännetecknad av** att beräkning sker med filtrering.
- 15 8. Metod för rollvinkelbestämning enligt krav 2, **kännetecknad av** att tippvinkel, θ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α .
- 20 9. Metod för rollvinkelbestämning enligt krav 2, **kännetecknad av** att tippvinkel, θ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns tippkomponent.
- 25 10. Metod för rollvinkelbestämning enligt krav 2, **kännetecknad av** att girvinkel, ψ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent, β , från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant.
- 30 11. Metod för rollvinkelbestämning enligt krav 2, **kännetecknad av** att girvinkel, ψ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas genom subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns girkomponent, från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant.
- 35

12. GNC-system (1) för styrbar projektil innefattande styrsystem (4), radiobaserat positioneringssystem, sensor för mätning av rollvinkelhastighet för bestämning av rollvinkel **kännetecknad av** att;
- 5 (a) det i GNC-systemet (1) innefattande styrsystemet för manövrering av projektilen är anordnat att påverka projektilens aktuatorer;
- (b) det i GNC-systemet (1) innefattande styrsystemet är anordnat att estimeras en första signal, projektilstyrkraft;
- 10 (c) den i GNC-systemet (1) monterade radiobaserade positioneringsmottagaren är anordnad att mäta en andra signal, projektilens hastighet relativt ett markfast koordinatsystem;
- (d) den i GNC-systemet (1) monterade sensorn för rollvinkelhastighet är anordnad att mäta en tredje signal, rotationshastighet;
- 15 (e) GNC-systemet (1) är anordnat att beräkna, utifrån den första, andra och tredje signalen, estimerad projektilstyrkraft, uppmätt projektilhastighet samt uppmätt rotationshastighet, en rollvinkel genom summering av den absoluta vinkelförändringen med viktning av en vinkelskattning.
13. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt krav 12, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat så att den absoluta vinkelförändringen sätts att
- 20 motsvara resultantvinkeln av projektilhastighetsvektorns tippvinkelförändring och projektilhastighetsvektorns girvinkelförändring.
14. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt något av krav 12 - 13, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att uppfatta
- 25 vinkelskattningen som ett medelvärde av en anfallsvinkelskattning.
15. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt något av krav 12 - 13, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att uppfatta
- 30 vinkelskattningen som ett medelvärde av en styrkraftsvinkelskattning.
16. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt krav 14, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att uppfatta att medelvärdet av anfallsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent, β , och den projektilstyrkraft som styr
- 35 anfallsvinkelns tippkomponent, α .

17. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt krav 15, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att uppfatta att medelvärdet av styrkraftsvinkelskattningen antas svara mot medelvärdet av resultantvinkeln av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns girkomponent, och den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns tippkomponent.
18. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt något av krav 12 - 17, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att beräkna med filtrering.
19. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt något av krav 12 - 18, **kännetecknad av** att sensor för mätning av rollvinkelhastighet är ett gyroskop (6).
20. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt något av krav 12 - 19, **kännetecknad av** att den radiobaserade positioneringsmottagaren är en GPS-mottagare (7).
21. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt krav 13, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att beräkna en tippvinkel, θ , där GNC-systemet (1) är anordnat att använda den beräknade tippvinkeln, θ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas i GNC-systemet (1) genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns tippkomponent, α .
22. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt krav 13, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att beräkna en tippvinkel, θ , där GNC-systemet (1) är anordnat att använda den beräknade tippvinkeln, θ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas i GNC-systemet (1) genom summering av de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant och skattning av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns tippkomponent.
23. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt krav 13, **kännetecknad av** att GNC-systemet (1) är anordnat att beräkna en girvinkel, ψ , där GNC-systemet (1) är anordnat att använda den beräknade girvinkeln, ψ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas i GNC-systemet (1) genom

subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr anfallsvinkelns girkomponent, β , från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant.

- 5 24. GNC-system (1) för styrbar projektil enligt krav 13, **kännetecknad av att GNC-systemet (1) är anordnat att beräkna en girvinkel, ψ , där GNC-systemet (1) är anordnat att använda den beräknade girvinkeln, ψ , som används för att beräkna den absoluta vinkelförändringen, beräknas i GNC-systemet (1) genom**
10 subtraktion av skattningen av den projektilstyrkraft som styr hastighetsvektorns girkomponent, från de av det radiobaserade positioneringssystemet uppmätta projektilhastighetskomponenternas resultant.

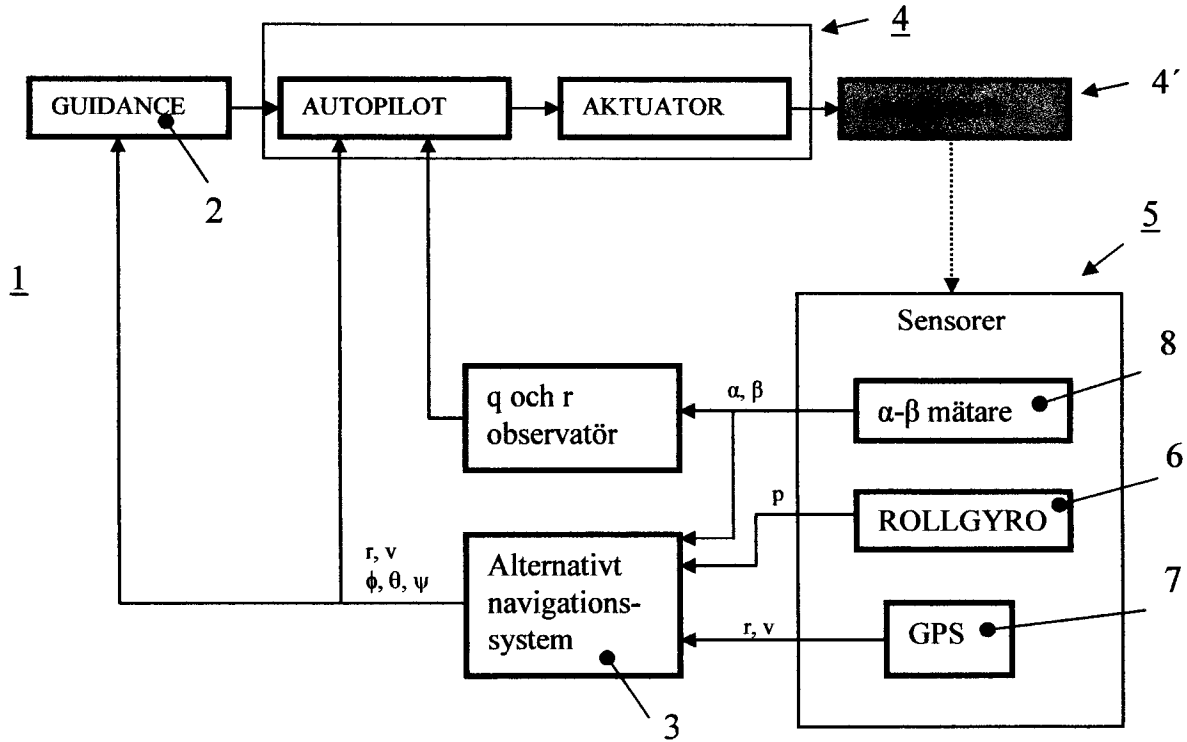


Fig. 1

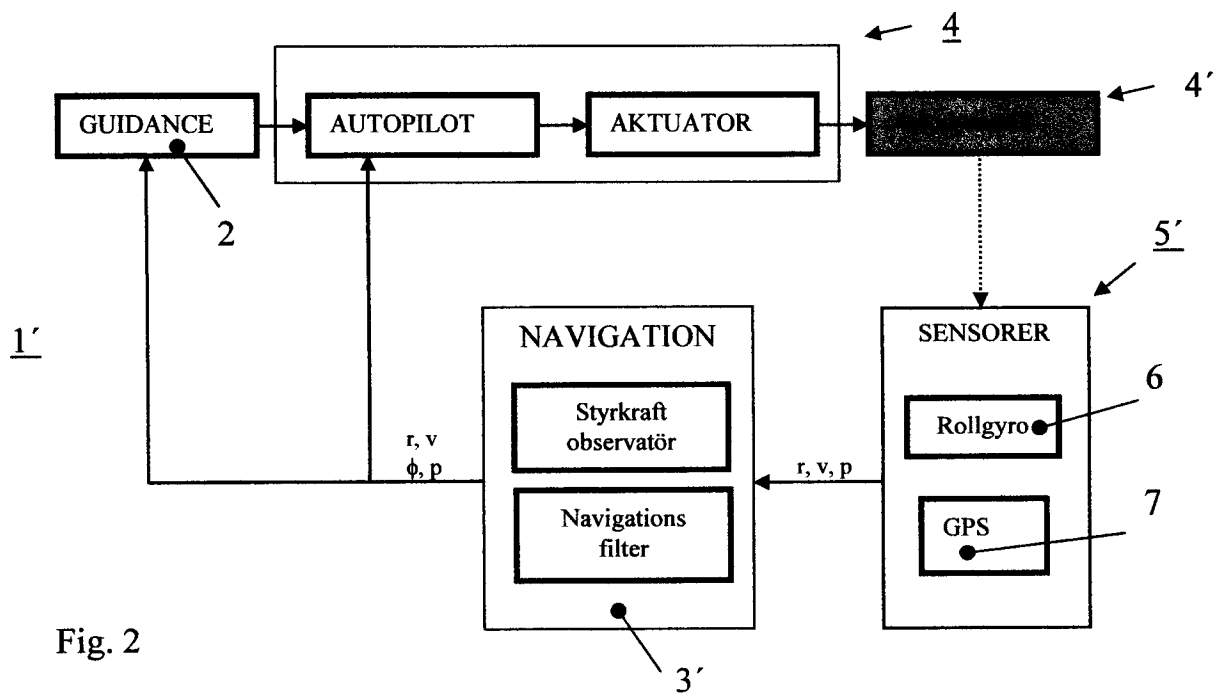


Fig. 2

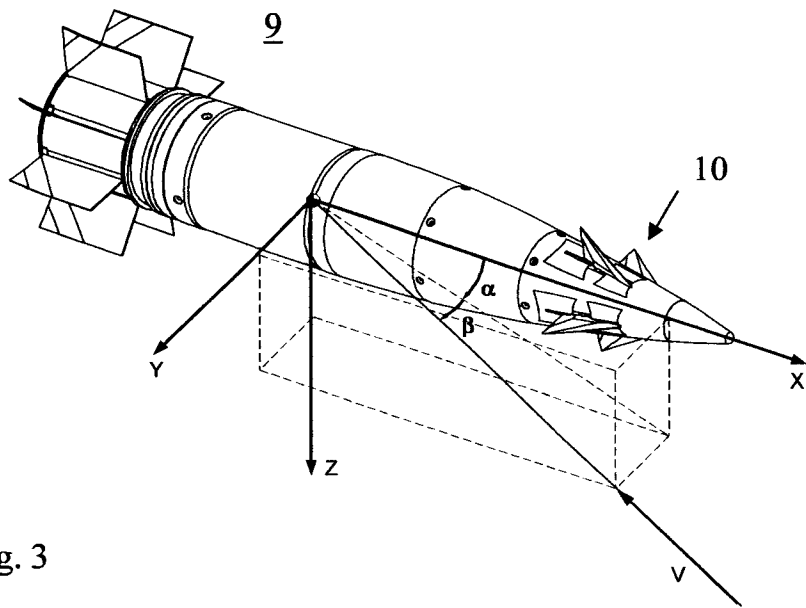


Fig. 3