

CYKEL-SNURRA

-Cykel med Svänghjul och gyro för stabilisering)



Leksaksrobot i form av gyro-cykel från 1930-talet (källa: Curated Living 2019).

Innehåll

SAMMANFATTNING	3
1 BAKGRUND	4
2 BEFINTLIG TEKNOLOGI OCH DESIGN, LITTERATURSTUDIE	5
2.1 Gyroskop	5
2.2 Reaktionshjul	7
3 METODIK, METOD	8
3.1 Antaganden	8
3.2 Experiment och Simulering	10
4 RESULTAT	11
5 DISKUSSION, SLUTSATSER	14
5.1 Tillgänglig teknik för syftet	14
5.2 Begränsningar och felkällor	14
5.3 Andra lösningar	15
5.4 Trafiksäkerhetsnytta	15
5.5 Spridning av resultat	16
5.6 Slutsats	16
5.7 Säkerhet	16
6 FORTSATT FORSKNING	17
LITTERATURLISTA	18

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverket Skyltfonden. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

Sammanfattning

Studien visar att det inte är möjligt att helt undvika fall, dvs fullständigt stabilisera cykling, men att det är teoretiskt möjligt att stabilisera cykling genom att fördröja fall med cykel med hjälp av stabilisering med gyro.

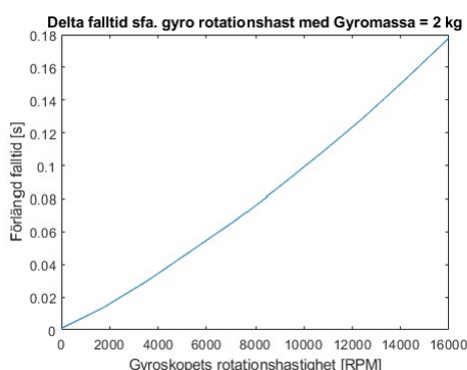
Syftet med denna studie är att studera om man kan stabilisera cykling och därmed minska antalet och konsekvensen av singelolyckor av typen "fallolyckor".

Målet med projektet är att studera om det är möjligt att stabilisera cykling i instabilt förhållande till stabilt med hjälp av svänghjul eller gyroteknik.

Projektet har genomfört:

- Litteraturstudie
- Mätt och studerat fall och förlopp på cykel
- Studerat effekter av gyroskop för stabilisering av cykel
- Analyserat resultat

Studien visar att det inte är möjligt att helt undvika fall, dvs fullständigt stabilisera cykling, men att det är teoretiskt möjligt att stabilisera cykling genom att fördröja fall med cykel med hjälp av stabilisering med gyro. Dock har test med exempelvis ett gyro med vikt 2 kg och rotationshastighet under 10 000 rpm (varv per minut) visat på en försumbar effekt, mindre än 0,1 sekunder, på stabilisering och tiden för fallet, se figur nedan. Falltid har uppmätts till ca 1,5 sekunder i lab-miljö vid stillastående, se bild nedan. Ett gyro med ex. massan 2 kg skulle kunna förlänga falltid med 0,5 sekund vid 40 000 rpm (varv per minut), men idag finns det inte tillgängligt ett gyro med den hastigheten och vikten. Det har inte varit möjligt att bygga en fullskalig modell utan test/simuleringar i lab-miljö har visat på effekter av gyro och dess stabiliserande effekt.



Figur till vänster, förlängd falltid för cykel med gyro med massan 2 kg beroende på rotationshastighet. Bild till höger, studie av falltid.

1 Bakgrund

En av de vanligaste olyckorna är singelolyckor med cykel (källa STRADA). Dessa olyckor kan leda till allvarliga skador och invaliditet på exempelvis axlar. En orsak till den höga allvarlighetsgraden är att man sitter relativt högt på cykeln och när man trillar blir därmed krafterna på kroppen höga och att "... det finns en tendens till att en högre sitt höjd på cykeln ger en större islagskraft i huvudet"¹. En relativt stor del av cykelolyckor kan betecknas som "fallolyckor" i låga hastigheter och i en studie vid Umeå universitet på cyklister, 65 år och äldre, hade 20% skadats vid av/påstigning². Förutom problem vid av/påstigning är ett annat problem att en cykel blir instabil under ca 5-7 km/h.

Syftet med denna studie är att om man kan stabilisera cykling och därmed minska antalet och konsekvensen av singelolyckor av typen "fallolyckor".

Målet med projektet är att studera om det är möjligt att stabilisera cykling i instabilt förhållande till stabilt med hjälp av svänghjul eller gyroteknik.

I ett flertal studier har man konstaterat att cykling blir instabil under en viss hastighet. Omvänt är det fortfarande inte klarlagt hur en cykel får sin stabilitet (Glaskin 2016). En viktig del i stabilisering är dock gyro-effekten av främst det roterande framhjulet som får cykeln att styra mot den sida cykel lutar. Under en viss rotationshastighet avtar stabiliseringen (med kvadraten på rotationshastigheten). På senare tid har lättare svänghjul dykt upp på marknaden. Främsta användningsområdet för denna utveckling har varit energilagring. Då energimängden ökar med kvadraten på hastigheten, men bara linjärt mot massan kan dessa göras lätta och små om bara hastigheten kan hållas uppe.

I ett flertal projekt internationellt men även i Sverige har man fått "robotar" att cykla med hjälp av denna typ av svänghjul (Chabo et al 2012, Wilson 2004). Att stabilisera en cykel liknande robot har varit ett brett och väl tacklat problem, studier har gjorts där olika reglertekniska lösningar har undersökts tillsammans med olika stabiliserings tekniker (Keo et al 2009, Minko et al 2018, Lam 2011).

Denna rapport särskiljer sig igenom att studera effekterna av en människa på cykeln tillsammans med ett stabiliseringssystem.

Om det är möjligt att stabilisera cykling kommer kontakt tas med cykeltillverkare.

Projektet har genomförts av Erik Tällberg (KTH), William Miles (KTH), Fredrik Sandahl (KTH), Per Strömberg (Movea) och Svante Berg (Movea).

¹ Cykelfaktorer som påverkar huvudskador, VTI rapport 931.

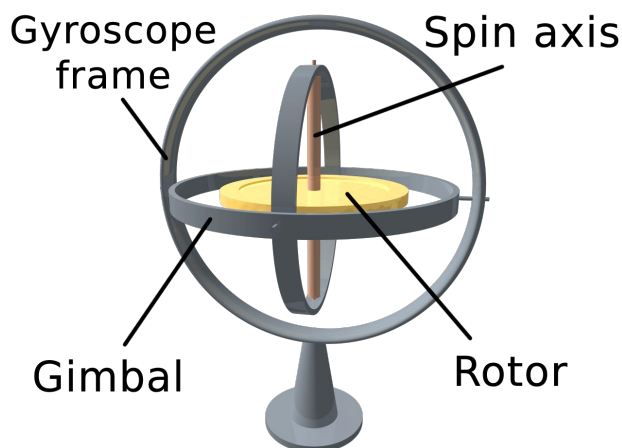
² Scheiman et al., 2009

2 Befintlig teknologi och design, litteraturstudie

Balanserande tekniker har varit i fokus i många tidigare forskningsprojekt. I denna undersökning behandlas de vanligaste balansteknikerna för tvåhjuliga farkoster, två varianter av gyroskop samt accelererande massa.

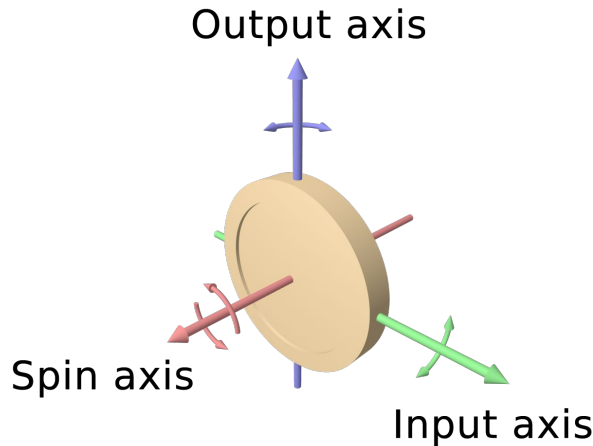
2.1 Gyroskop

Ett gyroskop är ett instrument som används för att visa rörelsemängdsmomentets bevarande. Den består av ett fritt upphängt snurrande hjul som kan rotera fritt i samtliga riktningar, se Figur 2.1. Enligt Newtons första lag kommer rörelsemängdsmomentet vara konstant då anordningen inte utsätts för externa moment.



Figur 2.1 *Illustration på ett klassiskt fritt upphängt gyroskop där rotorn är en massa som snurrar runt sin egen centralaxel. Anordningen är nästintill friktionsfri och kan rotera i alla led.*

Med denna princip kan momentet som gyroskopet skapar när det utsätts för ett externt moment utnyttjas till att skapa ett utgående moment. Detta moment kan sedan användas för att balansera ett system som den är kopplad till via axeln. Axelns motstånd mot riktningförändringar kan därmed utnyttjas för att stabilisera fartyg och fordon. Den vinkeländring som avgör det utgående moment kallas precessionsvinkeln och illustreras i figur 2.2 som "input axis".



Figur 2.2 I figuren är rotationsvinkeln kring "input axis" den vinkel som kallas precessionsvinkeln. Appliceras ett vridmoment på precessionsaxeln generas ett reaktionsmoment på den utgående axeln i figuren kallad "output axis".

2.1.1 Passiva Gyroskop

Ett passivt gyroskop är ett gyroskop där precessionsvinkeln inte kontrolleras externt. Detta leder till att gyroskopet självt reagerar på externa moment och motverkar dessa enligt principen för bevarande av rörelsemängdsmomentet (Minko et al 2018).

Denna teknik användes till exempel år 1920 för att balansera ett monorailtåg där två stora passiva gyroskop snurrande i motsatta riktning för att stabilisera vagnen. Även fartyg av olika slag har använt sig av passiva gyroskop. När fartyget gungar i sidled så roterar gyroskopet och skapar då ett motverkande moment som håller båten stabil och minskar gungningar.

Fördelen med passiva gyroskop är det inte behövs någon reglerteknik för att stabilisera systemet. Dock kan ett passivt gyroskop endast absorbera en viss mängd energi innan precessionsvinkeln blir större än 90 grader och då inte längre kan producera ett motverkande moment. Detta leder till att om systemet utsätts för konstanta störningar så kommer gyroskopet inte kunna stabilisera det efter en begränsad tid.

2.1.2 Aktiva Gyroskop

Aktiva gyroskop skiljer sig från passiva på det sättet att precessionsvinkeln kontrolleras med hjälp av en motor. Detta innebär att man kan tillföra vridmoment till systemet via motorn för att motverka störningar och balansera systemet.

Aktiva gyroskop har tidigare använts i flera forskningsprojekt för att stabilisera just cyklar (Keo et al 2009, Suebsomran 2012). Vid ett projekt som utfördes på Nanyang Polytechnical University i Singapore (Lam 2011) monterades ett aktivt gyroskop på en barncykel tillsammans med en kontroll för att balansera cykeln. En simpel PID kontroll användes då för att stabilisera systemet. Det här systemet var inte designat för att bära/stabilisera en människa utan endast för att stabilisera cykeln i sig självt.

Ett annat liknande projekt utfört på Stanford i USA balanserade en mindre cykel utan människa på, anordningen illustreras i Figur 2.3 (Yetkin 2014). Rapporten antyder att det med denna teknik är möjlighet att stabilisera naturligt instabila system så som inverterade pendlar, cyklar och motorcyklar.



Figur 2.3 Cykeln som användes vid forskning på Stanford University. Stödhjulen är endast där för att rädda systemet när det misslyckas med att balansera (Yetkin 2014).

2.2 Reaktionshjul

Ett reaktionshjul nyttjar Newtons tredje lag, att "två kroppar påverkar alltid varandra med lika stora men motriktade krafter" (Newton 2018), för att skapa ett moment. Ett svänghjul accelereras kring en axel, accelerationen kommer då generera ett motverkande moment runt samma axel på kroppen. Denna metod används inom rymdindustrin för att orientera farkoster i tyngdlöshet. Metoden är användbar då det behövs små krafter eftersom svänghjulet då kan vara väldigt litet.

Cubli är ett annat exempel, se Figur 2.4. Det är en liten robotkub med tre svänghjul som roterar kring tre ortogonala axlar. Den demonstrerar hur ett reaktionshjul kan balansera ett system på ett fascinerande sätt (Gajamohan et al 2012).



Figur 2.4 Exempel på hur Cubli kan balansera ett system (Cubli 2018).

Reaktionshjul har också simulerats på cykelmodeller för att bevisa dess funktionalitet (Kim et al 2013, Keo et al 2010). Dock går det inte att uppnå lika hög styrfrekvens som för ett aktivt gyroskop.

3 Metodik, metod

Projektet har testat svänghjul samt om det kan stabilisera cykling i "kritiska" situationer (främst under en viss hastighet) i simuleringsmiljö. Projektet har delats upp i följande deletapper:

- Litteraturstudie (se kapitel 2)
- Inventering av marknad efter relevant svänghjul
- Ta fram simuleringsmiljö av cykel utan svänghjul samt försedd med svänghjul
- Mäta stabilitet av cykel med samt utan svänghjul i laboratoriemiljö
- Sammanfattning, rapport

Initialt var avsikten att utföra tester i en laboratoriemiljö som finns på Högskolan Dalarna. Lugnets Idrottsvetenskapliga Institut (LIVI) har ett av Sveriges mest moderna och kompletta idrottslaboratorier, där finns utrustning för att mäta stabilitet.

Under skedet av inventering av relevanta svänghjul/gyroskop på marknaden insågs att det inte finns några kommersiella med de karaktäristika som krävs för testerna, så därför ändrades metodiken till att bygga en simuleringsmodell. Modellen har tagits fram på avdelningen för mekatronik på Farkostteknik på KTH i Stockholm. Inom detta arbete har även simuleringsmodellen kalibrerats och validerats.

3.1 Antaganden

Den aktiva gyroskoptekniken valdes för sin kontrollbarhet och att tekniken bevisats klara av att balansera en fullskalig motorcykel med passagerare i låga hastigheter (Frölander et al 2017).

För att kunna utforma initiala simuleringar för att undersöka rimligheten i att balansera en människa på en cykel och hur systemet beter sig så har antaganden gjorts för att kunna modellera systemet (cykel, människa och gyroskop).

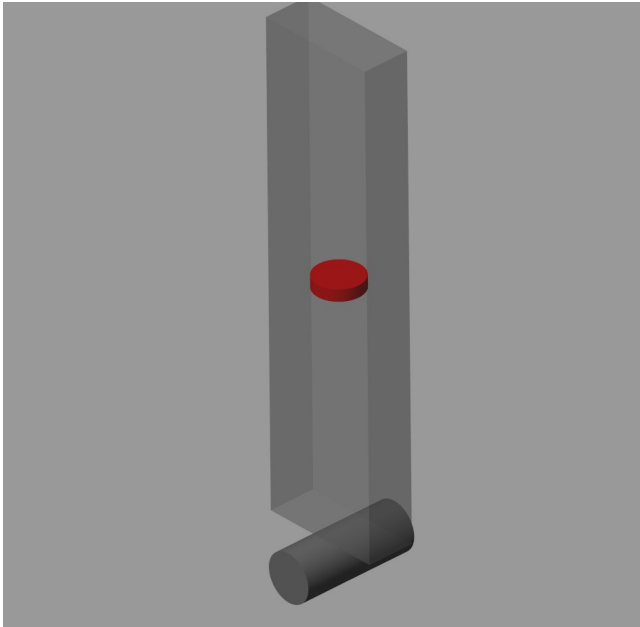
För att kunna förse motorerna med ström så har en elcykel valts som rimligaste modell att replikera. Cykelns vikt har uppskattats att vara 20 kg och passageraren antas väga 75 kg. Dock kommer systemets totalvikt i verkligheten variera kraftigt beroende på cykelmodell och användarens vikt.

En elcykel av dagens generation är redan ganska tung, så för att inte göra cykelns totalvikt för stor så har det antagits att gyroskopsystemets massa inte bör överstiga 5 kg.

Endast en del av systemets totalvikt är svänghjulets. Inkluderat i de fem kilona är även ett skyddande hölje, elmotorer och övriga elektroniska komponenter.

Det specifika fallet som undersöks är när systemet har en initial vinkel på 5 grader och i en fallande rörelse. Svänghjulets massa varierar mellan 0.1 och 5 kg. Svänghjulets tröghetsmoment beräknas enligt en cylinder med en radie på 10 cm.

Hela systemet modelleras av en inverterad pendel där personen och cykeln modelleras av en stel kropp som roterar kring en friktionsfri axel. Modellen illustreras i Figur 3.1.



Figur 3.1 Stelkroppsmodell illustrerad i Simulink.

Gränsvärden för de simulerade parametrarna är tagna från den prestanda som befintlig hårdvara kan leverera. Rimliga hastigheter för rotationshastigheten på svänghjulet anses då vara 2000 - 12 000 RPM (varv per minut).

En PID-regulator har använts för att stabilisera den simulerade cykeln. Förkortningen PID kommer från regulatorns tre element: en proportionerlig del, en integrerande del samt en deriverande del. PID-regulator är en ofta använd regulator inom reglertekniken. Med den PID-regulator som användes finns det dock ingen garanti att kontrollen är optimal för detta användningsområde. Men resultatet bör inte förändras så mycket med en annan kontrollmetod. Anledningen till att PID har använts är för att de flesta andra projekt som har försökt stabilisera en cykel har använts sig av en denna typ kontroll.

3.2 Experiment och Simulering

Simuleringsmiljön som konstruerats är en enkel simulink-model (programvara från MathWorks) med multi-body bibliotek. Denna används sedan för att göra simulationstester för olika fallvinklar, rotationshastigheter och vikt på svänghjulet. För att verifiera att modellen överensstämmer med verkligheten så har falltiderna i simuleringsmiljön jämförts med falltider från empiriska falltester. Dessa har även jämförts med matematiska differentialekvationer som är härledda från en kinematisk modell utifrån en inverterad pendel. Den matematiska ekvationen är enligt Ekvation 1 (Frölander et al 2012).

$$I_{bike}\ddot{\alpha} = m \cdot g \cdot l \cdot \sin(\alpha) + I_{gyro} \cdot \omega_{gyro} \cdot \dot{\theta} \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

Där:

I_{bike} = cykelns tröghetsmoment

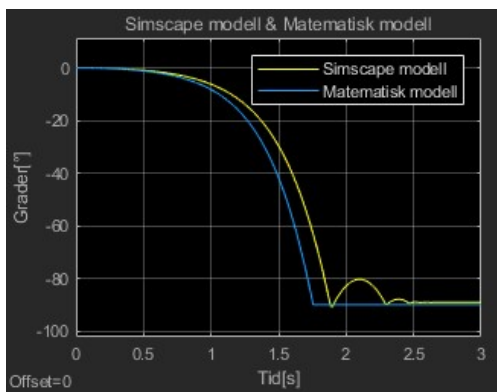
α = cykelns lutning

ω_{gyro} = svänghjulets rotationshastighet

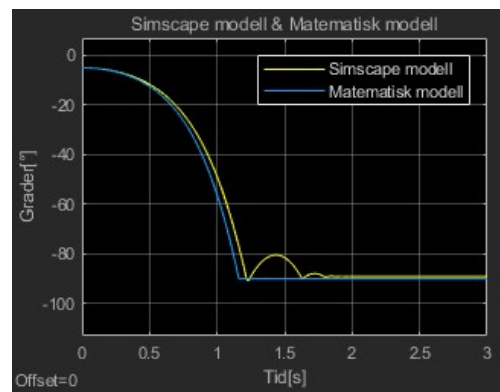
I_{gyro} = svänghjulets tröghetsmoment

θ = gyroskopets precessionsvinkel

Den matematiska modellen för en pendel med gyroskop jämfördes med motsvarande modell i simuleringsmiljön, testerna illustreras i Figur 3.2 och 3.3. Modellerna överensstämde väl med liknande resultat men falltiderna varierade mellan 0.1-0.15 sekunder. Avvikelsen beror på att den matematiska modellen är en förenklad modell av systemet. Väsentligt att notera dock är att simuleringsmiljön har samma karakteristika beteende som den matematiska modellen, vilket är viktigast.



Figur 3.1 I båda modellerna så var lutningen noll grader från början utifrån detta valdes precessionshastighet till $\pi/8$ för båda modellerna under hela simuleringstiden.



Figur 3.3 I detta fall ansattes gyrohastigheterna till noll medan båda modellerna börjar med en lutning på 5 grader.

För att verifiera modellerna och kalibrera den matematiska modellen och simuleringsmiljön genomfördes mätningar på falltiderna för en cykel med passagerare. Dessa genomfördes på en elcykel av modellen Ecoride Summit 2.0, vikt ca 25 kg, med

en passagerare som vägde 75 kg. Falltiden mättes från det att passageraren började falla till att passageraren landat på en madrass efter att ha fallit 60 grader, se Figur 1. Medelvärdet på 10 falltester beräknades till 1.55 sekunder med en liten varians. Denna tid användes sedan för att approximera tröghetsmomentet i simuleringsmiljön.

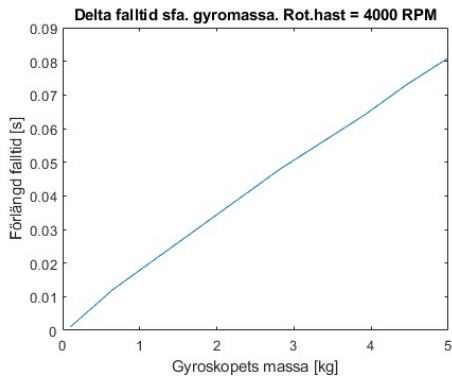


Figur 1. Mätning av falltid.

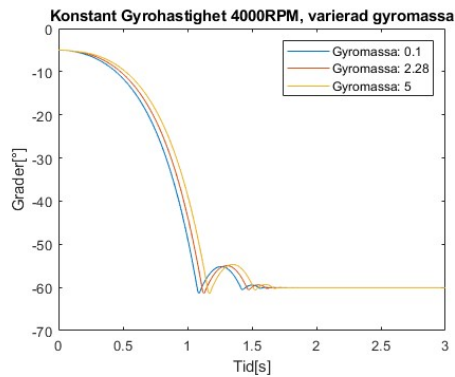
4 Resultat

Utifrån simuleringsmiljön har balanseringsmöjligheterna undersökts för ett aktivt balanseringssystem med hjälp av ett gyroskop. Det framgick tidigt att de rimliga dimensionerna som specificerades i avsnittet "Antaganden" inte skulle klara av att balansera en vuxen människa på en cykel. Utifrån andra forskningsprojekt som har utfört liknande balanslösningar med gyroskop så har gyroskopets vikt utgjort majoriteten av hela systemets totalvikt. Med bakgrund av detta skiftades fokus till att undersöka hur mycket gyroskopet skulle kunna förlänga falltiden för att ge användaren mer tid att reagera och därmed öka säkerheten. De intressanta variablerna är fortsatt svänghjulets massa och vinkelhastigheten. Dessa begränsas av dagens teknik och fysikaliska begärnsningar. Nämnvärt är att högre hastigheter leder till högre vikt av utrustning "runt" gyrot då det krävs större motorer, lager och säkerhetsanordning/kapsling.

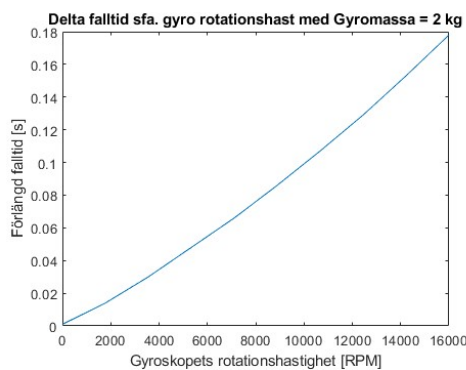
I Figur 4.1, 4.3 och 4.4 visas den förlängda falltiden för systemet där rotationshastigheten på svänghjulet är konstant 4000 rpm och svänghjulets massa varierar. Som förväntat är skillnaden i falltid väldigt små för olika massor på svänghjulet. Det är tydligt att även med stor gyromassa, se Figur 4.2, så är 4000 rpm inte tillräckligt för att göra en märkbar skillnad för användaren då denna konfiguration endast förlänger falltiden med 0.08 sekunder.



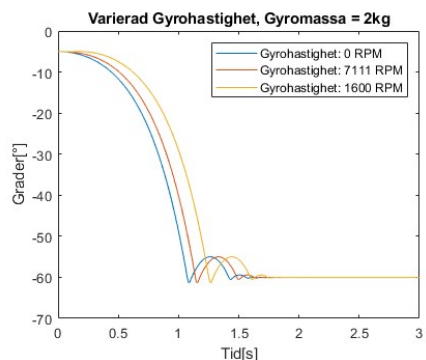
Figur 4.1 Visar hur mycket längre falltiden blir för olika massor för gyrot, 0.1-5kg.



Figur 4.2 Hela fall förloppet för tre olika massor för gyrot.

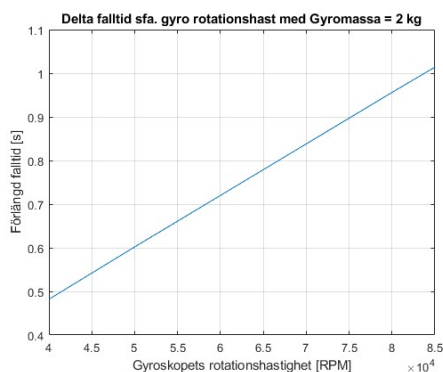


Figur 4.3 Visar hur mycket falltiden förlängs för olika rotationshastigheter.

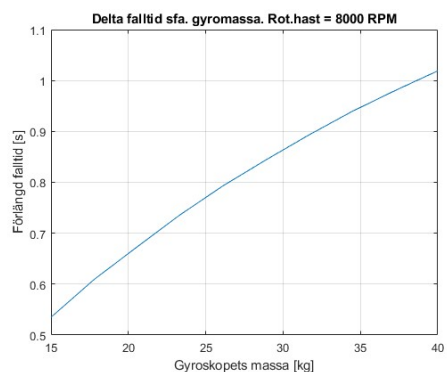


Figur 4.4 Hela fallförloppet för tre olika rotationshastigheter.

Svänghjulets vinkelhastighet varierades också i simuleringarna, då valdes gyroskopmassan till 2 kg. För extremfallet med hastigheter upp emot 16 000 rpm så förlängs falltiden med 0.18 sekunder vilket är lite. I Figur 4.5 och 4.6 ses vilken hastighet och vikt som skulle behövas för att förlänga falltiden med 0.5-1 sek.



Figur 4.5 Visar rotationshastigheten som behövs för ett 2kg gyro för att förlänga falltiden med 0.5-1 sek.



Figur 4.6 Visar vilken massa som behövs för att förlänga falltiden med 0.5-1 sek när svänghjulet har en rotationshastighet på 8000rpm.

I antagande om människors reaktionstid, som är den tid som åtgår för att fatta beslut och börja beslutad handling, användes ofta 1,5 -2 sekunder som god standard. Ett gyro med massan 2 kg ska kunna förlänga falltid med 0,5 sekund vid 40 000 rpm. Idag finns inte någras kommersiella gyro med den hastigheten och vikten. Det är osäkert hur mycket den extra tiden skulle kunna förhindra konsekvensen av fall. I studier av VTI (Cykelfaktorer som påverkar huvudskador 2017) är tiden till islag med krockdocka runt 1 sek för fallolycka med cykel. I teorin kan en cyklist hinna ta emot sig och mildra konsekvenserna av fall med den extra falltiden.

5 Diskussion, slutsatser

Det går inte med dagens hårdvara att balansera en cykel med en passagerare genom att använda sig av ett aktivt gyroskop med tillgänglig teknik. Det går dock att förlänga falltiden och därmed öka den möjliga reaktionstiden för passageraren. De resultaten som kan uppnås med någorlunda rimlig hårdvara är endast en förlängning med någon tiondelssekund. Då reaktionstider för en vanlig människa ligger på omkring 0.5 sekunder kommer detta knappt vara märkbart då en person håller på att falla av en cykel.

I teorin kan ett gyro med massan 2 kg kunna förlänga falltid till 1 sekund vid 80 000 rpm. Idag finns inte några kommersiella gyro med den hastigheten. Det är osäkert hur mycket den extra tiden skulle kunna förhindra konsekvensen av fall, i teorin kan en cyklist hinna få extra tid för att ta emot sig och mildra konsekvenserna.

5.1 Tillgänglig teknik för syftet

Tas dock hårdvaran till extremer, så går det enligt de utförda simulationerna att balansera en cykel med passagerare. Denna hårdvara går dock inte att tillämpa på en befintlig elcykel då det skulle väga för mycket, ta för mycket plats samt förbruka för mycket energi. Dock så går det att öka falltiden såpass mycket att det skulle göra skillnad med hårdvara som inte är riktigt lika extrem.

Problemet som uppstår är dock att systemet skulle vara väldigt utrymmeskrävande samt medföra en mycket hög kostnad och därmed inte vara möjlig att sälja. Det finns alltså många begränsningar med den tillgängliga tekniken idag. För att den aktiva gyroskoptekniken ska bli ett rimligt alternativ för att öka säkerheten för cyklister behövs den utvecklas på flera plan. För att öka rotationshastigheten kan man få ner friktionen och exempelvis arbeta med gyro i vakuum, det är dock väldigt kostsamt och komplicerat att göra. Den behöver bli mer vikt- och energieffektiv samt billigare rent ekonomiskt.

5.2 Begränsningar och felkällor

Studien har begränsats till simuleringar och experiment. Ingen fullskalig modell av balanssystemet har varit möjlig att konstruera och testa på grund att de inte går att köpa "över disk". Simuleringarna kan innehålla felkällor men har verifierats av flera parter och testats mot både teori och experiment från verkligheten. I den använda modellen finns det inga tidsfördröjningar för mikrokontrollen eller sensorerna inkluderade, detta kan leda till sämre resultat.

5.3 Andra lösningar

Det finns självfallet flera andra alternativa lösningar på problemet i fråga. De tidigare nämnda teknikerna passivt gyroskop och reaktionshjul har inte undersökts men anses ha lägre sannolikhet att lyckas. Även stödhjul eller stödpinnar är alternativa lösningar på problemet. Dock finns det andra nackdelar med dessa lösningar.

En annan viktig komponent vid balansering av cykeln är cykelns självbalanserande beteende då den är i rörelse. Då en obemannad cykel i rörelse börjar luta åt ena hållet kommer framhjulet att vrida sig åt samma håll och skapa en kraft som får cykeln att luta åt andra hållet. Denna process återupprepas och cykeln balanserar av sig självt. Denna egenskap kan även utnyttjas för en stillastående cykel, dock med sämre effekt. Detta medför att en kombination av en anordning som vrider framhjulet efter behov tillsammans med en aktiv gyroskoplösning kan balansera en cykel med passagerare. För motorcyklar börjar system som bygger på aktiv styrning för balansering komma och har visats på flera mässor.

5.4 Trafiksäkerhetsnytta

Singelolyckor med avseende på cykel med hög allvarlighetsgrad är ett väsentligt trafiksäkerhetsproblem. Dessa olyckor visar ingen nedåtgående trend. Denna typ av olyckor kan ge allvarliga skador och då i många fall lång sjukskrivning och men för livet. Till stor del är dessa singelolyckor fall-olyckor, vilka är extra ogynnsam på grund av höjden över mark. För att minska risken och konsekvensen kan man antingen arbeta med skydd eller minska risk för att en olycka sker. Projektet har visat att gyro med rimlig vikt och prestanda inte kan stabilisera en cykel och helt undvika fall med känd teknik. Trafiksäkerhetsnyttan skulle vara stor om det var möjligt att fullt ut stabilisera en cykel, dock är det ej möjligt med gyro och känd teknik. Projektet har valt att studera stabilisering av cykeln och dess effekter för att förhindra eller minska konsekvensen av en olycka.

Antagande om förloppet av fallolyckor baseras på grundvärden för människor. I antagande om människors reaktionstid, som är den tid som åtgår för att fatta beslut och börja beslutad handling, användes ofta 1,5 -2 sekunder som god standard (exempelvis VGU). Ett gyro med massan 2 kg ska kunna förlänga falltid med 0,5 sekund vid 40 000 rpm. Idag finns inte några kommersiella gyron med den hastigheten och vikten. Projektet har mätt falltiden till ca 1,5 sek. I studier av VTI (Cykelfaktorer som påverkar huvudskador 2017) är tiden till islag med krockdocka runt 1 sek för fallolycka med cykel. I teorin kan en cyklist hinna ta emot sig och mildra konsekvenserna av fall med den extra falltiden. Det är dock osäkert hur mycket den extra tiden skulle kunna förhindra konsekvensen av fall i praktiken

5.5 Spridning av resultat

Projektet kommer främst att publiceras via denna rapport.

5.6 Slutsats

Från resultaten som har tagit fram så framgår det att ett system för att förlänga falltiden så pass mycket så att det faktiskt kommer vara till någon hjälp inte är görbart med dagens teknik. Förlängning av falltiden på 0.5 sekunder kunde inte uppnås med rimliga värden utifrån den tekniken som finns idag. Det finns också en risk att systemet förvirrar användaren med rörelsestörningar från gyroskopet och kan leda till en mindre behaglig upplevelse på cykeln om den inte klarar av att stabilisera systemet helt på egen hand.

5.7 Säkerhet

För att göra ett system som ska förlänga falltiden med hjälp av ett gyroskop så kommer rotationshastigheten för svänghjulet att behöva vara väldigt högt. Det leder till att extremt mycket arbete måste läggas ned på att säkerställa att systemet är säkert vid en eventuell olycka.

6 Fortsatt forskning

Som har redovisats i diskussionen är med dagens teknik en balanseringsfunktion med enbart gyroskop inte möjlig, en kombinerad teknik med samverkande vridrörelse av framhjulet är dock av stort intresse.

En andra möjlighet är att införa ett svänghjul som aktivt kan vinklas för att skapa en sidokraft och därmed stabilisera cykeln.

En tredje möjlig teknik att studera är att förflytta tyngdpunkten för den cyklade personen och därmed balansera cykeln. Denna teknik har inte kunnat finnas genom litteratursökningar och kan vara en väg framåt.

En fjärde teknik, som börjar visas på motorcyklar, är aktiv styrning. Den bygger på annan teknik än gyro men har flera fördelar då utrustning är mindre och systemet kan ingripa pro-aktivt under hela resan.

Litteraturlista

- Chabo, A., Lagerholm, A., Schagerström, J. och Storck, G. (2012). Automobike: en cykel med aktiv balans, Självständigt arbete på grundnivå (kandidatexamen), KTH.
- Cubli (2018). Cubli picture <https://mygaming.co.za/news/gadgets/61140-cubli-arobotic-cube-that-can-walk-and-jump.html>. [Online; accessed 11oktober-2018].
- Curated Living (2019). www.curatedliving.co.uk/products/gyro-cycle-1936-toy?variant=53717224775.
- Frölander, S. och Säll, A. (2017). Implementing gyroscopic stabilization: A study on performance and power consumption correlated to flywheel rotational speed, 2017.
- Gajamohan, M., Merz, M., Thommen, I. och D'Andrea R. (2012). The Cubli: A cube that can jump up and balance. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 3722– 3727, 2012.
- Glaskin, M. (2016). *Cycling Science, How Rider and Machine Work Together*. ISBN: 9780711238503, Publisher: Frances Lincoln.
- Keo, L., Pornsarayouth, S., Yamakita, M. och Ito, K. (2010). Stabilization of an unmanned bicycle with flywheel balancer. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 43(14):475–480, 2010.
- Keo, L., och Yamakita, M. (2009). Controlling balancer and steering for bicycle stabilization. *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2009*, pages 4541–4546, 2009.
- Lam, P. (2011). Gyroscopic stabilization of a kid-size bicycle. *Proceedings of the 2011 IEEE 5th International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, CIS 2011*, pages 247–252, 2011.
- Minko, S., Strömqvist, H., Jonsson, K., Säll, A., Kuratomi, A., Lindgren, M., Gebert, A. och Sandahl, F. (2018). *Mechatronics HK Project*, KTH.
- Newton, I. (2018). Newtons lagar (tre rörelselagar). <http://newtonsvagga.se/isaac-newtonfakta/newtons-lagar>. [Online; accessed 3-oktober-2018].
- Wilson, D. (2004). *Bicycling Science, Third Edition*, ISBN: 9780262232371, MIT.
- Woo Kim, H., Won An, J., Dong Yoo, H. och Myung Lee, J. (2013). Balancing control of bicycle robot using PID control. *International Conference on Control, Automation and Systems, (Iccas)*:145–147, 2013.