



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft Reglerstruktur (RS), insbesondere für eine Motorsteuerung für Fahrzeuge, mit als modulares System ausgebildeten Funktionseinheiten, wobei mehrere Funktionseinheiten über Schnittstellen zu einer Einheit zusammenfassbar sind. Um die Wartbarkeit, Testbarkeit und die Parametrierbarkeit zu verbessern, ist vorgesehen, dass die Reglerstruktur (RS) als Funktionseinheiten zumindest ein statisches Vorsteuermodul (R_{fs}) und zumindest ein Modul aus der Gruppe dynamisches Vorsteuermodul (R_{fd}), Rückführ-Regelungs-Modul (R_{fb}), Anti-Windup-Modul (R_{aw}) und Totzeit-Kompensations-Modul (R_{del}) aufweist.

Reglerstruktur

Die Erfindung betrifft eine Reglerstruktur, insbesondere für eine Motorsteuerung für Fahrzeuge, mit als modulares System ausgebildeten Funktionseinheiten, wobei mehrere Funktionseinheiten über Software-Schnittstellen zu einer Einheit zusammenfassbar sind.

Aus der EP 1 950 096 B1 ist es bekannt, Funktionseinheiten als modulares System auszubilden, wobei die Funktionseinheiten über mechanische und elektrische Schnittstellen zu einer stabilen Einheit zusammenfassbar sind.

Weiters ist es aus der DE 10 2006 005 557 A1 bekannt, einen Controller für ein Fahrzeug mit verschiedenen Teilmodulen auszuführen.

Die DE 42 39 711 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Fahrzeuges, mit zumindest zwei Teilsystemen, von denen eines ein Motorsteuersystem ist. Dabei wird eine einheitliche Schnittstelle zum Motorsteuerungssystem hin zur Verfügung gestellt, welche Querkoppelungen zwischen den Teilsystemen verringern und eine unabhängige Applikation und Beherrschung jedes Teilsystems erlaubt.

Die bekannten Reglerstrukturen betreffen eine durch Hardwarekomponenten gebildete Modularisierung von Reglerstrukturen. Die Berechnungsschritte innerhalb der Reglerstruktur ist im Allgemeinen – aufgrund einer "gewachsenen" Struktur – mit entsprechend schrittweise verbesserter Reglersoftware monolithisch aufgebaut.

Vorsteuerung, Rückführregelung, Anti-Windup und eventuell Totzeitkompensation sind in heutigen Anwendungen in Motorsteuergeräten kombiniert und stark verflochten. Dieser Umstand erschwert eine schrittweise Parametrierung sowie das Testen erheblich.

Speziell bei Mehrgrößenreglungen führt dies zu einem enorm hohen Aufwand bei Änderungen im Regelalgorithmus, da die Regelung als Ganzes betroffen ist. Versionierung, Komponententest, sowie Betriebsmodenumschaltungen werden erheblich nachteilig von einer nichtmodularen Softwarestruktur beeinflusst.

Aufgabe der Erfindung ist es, Wartbarkeit, Testbarkeit und Parametrierbarkeit insbesondere automotiver Regelkreise zu erleichtern.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Reglerstruktur als Funktionseinheiten zumindest ein statisches Vorsteuermodul und zumindest ein Modul aus der Gruppe dynamisches Vorsteuermodul, Rückführ-Regelungs-Modul, Anti-Windup-Modul und Totzeit-Kompensations-Modul aufweist.

Die gesamte Reglerstruktur wird somit durch spezielle softwarebasierte Teilmodule aufgebaut. Die Software-Schnittstellen sind derart gestaltet, dass einzelne Module auch weggelassen werden können.

Das statische Vorsteuermodul kann zumindest einen Eingang für zumindest einen momentanen Betriebspunkt, zumindest einen ersten Ausgang für zumindest einen vom momentanen Betriebspunkt abhängigen statischen Stellerwert und zumindest einen zweiten Ausgang für zumindest einen entsprechenden notwendigen statischen Sollwert aufweisen, wobei das statische Vorsteuermodul ausgebildet ist, um zumindest einen statischen Sollwert und zumindest einen entsprechenden notwendigen statischen Stellerwert in Abhängigkeit des momentanen Betriebspunktes zu ermitteln. Dabei liefert das statische Vorsteuerungsmodul die vom momentanen Betriebspunkt abhängigen statischen Sollwerte und die entsprechenden statisch notwendigen Stellerwerte.

Das dynamische Vorsteuermodul kann zumindest einen ersten Eingang für zumindest einen statischen Stellerwert, zumindest einen zweiten Eingang für zumindest einen statischen Sollwert, zumindest einen ersten Ausgang für zumindest einen dynamischen Stellerwert, und zumindest einen zweiten Ausgang für zumindest einen gefilterten Sensorwert aufweisen, wobei das dynamische Vorsteuermodul ausgebildet ist, um aus zumindest einem statischen Stellerwert und zumindest einem statischen Sollwert zumindest einen dynamischen Stellerwert und zumindest einen gefilterten Sensorwert zu ermitteln. Das dynamische Vorsteuerungsmodul liefert somit einen gefilterten Sensorwert, der im idealen Fall dem Ausgang der Strecke entspricht, wenn die entsprechenden dynamischen Stellerwerte am Streckeneingang wirken. Die dynamische Vorsteuerung kann auch einen Teil zur Störgrößenkompensation beinhalten.

Das Rückführ-Regelungs-Modul weist vorteilhafter Weise zumindest einen ersten Eingang für zumindest einen dynamischen Stellerwert, zumindest einen zweiten Eingang für zumindest einen gefilterten Sollwert, zumindest einen dritten Eingang für zumindest einen korrigierten Sensorwert und zumindest einen Ausgang für zumindest ein unbegrenztes Stellersignal auf, wobei das Rückführ-Regelungs-Modul ausgebildet ist, um – bei einer Abweichung zwischen dem erwarteten gefilterten Sensorwert und einem korrigierten Sensorwert – ein unbegrenztes Stellersignal zu liefern, welches sich aus einem momentanen Vorsteuerwert und einem Rückführanteil zur Korrektur der Abweichung zusammensetzt. Das Rück-

führ-Regelungsmodul ermöglicht somit eine statische Genauigkeit, auch wenn unbekannte Störungen auf die Strecke wirken oder das Streckenverhalten vom nominellen Verhalten abweicht. Bei einer Abweichung zwischen dem erwarteten Sensorwert und einem korrigierten Sensorwert besteht das Ausgabesignal aus dem momentanen Vorsteuerwert erweitert um den Rückführanteil zur Korrektur der Abweichung. Im Falle von starkem Messrauschen kann ein Beobachter als Teil des Rückführreglers das Verhalten der Regelung verbessern.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das Anti-Windup-Modul zumindest einen ersten Eingang für zumindest ein unbegrenztes Stellersignal, zumindest einen zweiten Eingang für zumindest einen zeitkompensierten Sensorwert, zumindest einen dritten Eingang für zumindest eine Stellerbegrenzung, zumindest einen ersten Ausgang für ein begrenztes Stellersignal und zumindest einen zweiten Ausgang für zumindest einen korrigierten Stellerwert aufweist, wobei das Anti-Windup-Modul ausgebildet ist, um aus zumindest einem unbegrenzten Stellersignal, zumindest einer Stellerbegrenzung und zumindest einem totzeitkompensierten Sensorwert, zumindest einen begrenzten Stellerwert und zumindest einen um den Anteil der Stellerbegrenzung korrigierten Sensorwert zu ermitteln. Das Anti-Windup-Modul verhindert im Wesentlichen das unbegrenzte Anwachsen des Integratorteils im Regler, welches durch Stellerbegrenzungen verursacht wird. Das unbegrenzte Stellersignal und die Stellerlimitierungen stellen zusammen mit den totzeitkompensierten Sensorwerten die Eingänge dar. Die begrenzten Stellerwerte und der um den Anteil der Stellerbegrenzung korrigierte Sensorwert bilden die Ausgänge des Anti-Windup-Moduls.

Im Rahmen der Erfindung ist vorgesehen, dass das Totzeit-Kompensations-Modul zumindest einen ersten Eingang für zumindest eine Sensorgröße und zumindest einen ersten Ausgang für zumindest einen totzeitkompensierten Sensorwert aufweist, wobei das Totzeit-Kompensations-Modul ausgebildet ist, um vorzugsweise nach dem Prinzip des Smith Prädiktors aus zumindest einer Sensorgröße zumindest einen totzeitkompensierten Sensorwert zu ermitteln. Die Struktur eines Smith Prädiktors wird beispielsweise in "Rapid Control Prototyping", Abel D., Bolling A., Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, beschrieben. Das Totzeit-Kompensations-Modul kann weiters zumindest einen zweiten Eingang und zumindest einen zweiten Ausgang für zumindest einen begrenzten Stellerwert aufweisen, wobei vorzugsweise das Totzeit-Kompensations-Modul ausgebildet ist, um den begrenzten Stellerwert unverändert durchzuschleusen. Die Totzeitkompensation im Totzeit-Kompensations-Modul verbessert das Regelkreisverhalten beim Vorhandensein von bekannten Totzeiten in der Strecke. Dabei wird das Stellersignal nicht verändert, die Sensorgrößen werden jedoch nach Prinzip des sogenannten "Smith-Prädiktors" korrigiert.

Die Erfindung im Folgenden anhand der Fig. näher erläutert.

Die Fig. zeigt eine Reglerstruktur RS mit mehreren zu einem Gesamtregler verschalteten Reglermodulen. Dabei ist mit G die zu regelnde Strecke bezeichnet.

Die Reglerstruktur RS betrifft den Reglerkern. Dies bedeutet, dass aus der Sicht des Reglerkerns, Sensoren sowie Aktuatoren zur Strecke G gezählt werden, wobei eine unterlagerte Positionsregelung vorausgesetzt wird.

Der Regleralgorithmus R stellt einen Teil der Steuerungssoftware dar. Mit u sind die Stellerwerte, mit y die erfassten Sensorwerte bezeichnet. Die Auswertung des Regelalgorithmus R erfolgt zyklisch und die Regelung ist somit zeitdiskret.

Für die Struktur der Regelung wird hier ein modularer Aufbau vorgeschlagen. Dabei bestimmen einzelne Module, jedes für sich, bestimmte Eigenschaften des Regelkreises. Die Module sind so konzipiert, dass die spezielle Eigenschaften jedes Moduls in ihrer Wirkung im Betrieb über so genannte Tuningfaktoren einstellbar bleiben. Als Tuningparameter werden hier Parameter bezeichnet, die bis zum Ende der Parametrierung des Reglers als übergeordnete Einstellparameter beziehungsweise Entwurfsfreiheitsgrade offen bleiben und verändert werden können, ohne dass dadurch eine Anpassung der anderen Reglerparameter notwendig wird. Die Bezeichnung „im Betrieb“ bezieht sich hier auf den Betrieb während beispielsweise einer Motorabstimmung (Applikation), bei der die entgültigen Reglereinstellungen erarbeitet und getestet werden.

Es besteht auch die Möglichkeit, unterschiedliche Module entfallen zu lassen oder zu deaktivieren, wenn auf die entsprechenden Eigenschaften verzichtet werden kann. Die einzelnen Module weisen Parameter und eindeutige Vorschriften zur Berechnung auf. Vorteilhafter Weise teilen sich verschiedene Module gemeinsame Parameter und reduzieren dadurch weiter die Gesamtzahl der nötigen Reglerparameter und somit die Größe des in der Implementierung benötigten Speichers.

In der Fig. ist die Verschaltung aller Reglermodule zu einem Gesamtregler abgebildet. Die Reglerstruktur RS des Gesamtreglers beinhaltet folgende Module und deren Schnittstellen:

1. Statisches Vorsteuermodul R_{ffs} :

Das statische Vorsteuermodul R_{ffs} liefert die vom momentanen Betriebspunkt z abhängigen statischen Sollwerte r_s und die entsprechenden notwendigen statischen Stellerwerte u_s .

2. Dynamisches Vorsteuermodul R_{ffd} :

Das dynamische Vorsteuermodul R_{ffd} liefert einen gefilterten Sollwertwert y_{ff} (entspricht dem erwarteten Sensorwert), der im idealen Fall dem Ausgang der Strecke G entspricht, wenn die entsprechenden dynamischen Stellerwerte u_{ff} am Streckeneingang wirken. Das dynamische Vorsteuermodul R_{ffd} kann auch einen Teil zur Störgrößenkompensation beinhalten.

3. Rückführ-Regelungs-Modul R_{fb} :

Das Rückführ-Regelungsmodul R_{fb} ermöglicht statische Genauigkeit, auch wenn unbekannte Störungen auf die Strecke G einwirken oder wenn das Streckenverhalten vom nominellen Verhalten abweicht. Bei einer Abweichung zwischen dem erwarteten Sensorwert (entspricht dem gefilterten Sollwert y_{ff}) und dem korrigierten Sensorwert y_{nsat} besteht der das Ausgangssignal bildende unbegrenzte Stellerwert u_c aus dem momentanen Vorsteuerwert u_{dff} erweitert um einen Rückführanteil zur Korrektur der Abweichung. Im Fall von starkem Messrauschen kann ein Beobachter als Teil des Rückführ-Regelungs-Moduls R_{fb} das Verhalten der Regelung verbessern.

4. Anti-Windup-Modul R_{aw} :

Das Anti-Windup-Modul R_{aw} verhindert im Wesentlichen das unbegrenzte Anwachsen des Integrator-Teils im Regler, welches durch Stellerbegrenzungen verursacht wird. Das unbegrenzte Stellersignal u_c und die Stellerlimitierungen u_{lim} stellen zusammen mit den totzeitkompensierten Sensorwerten y_{nd} die Eingänge dar. Die begrenzten Stellerwerte u_{sat} und der um den Anteil der Stellerbegrenzung korrigierte Sensorwert y_{nsat} bilden die Ausgänge des Anti-Windup-Moduls R_{aw} .

5. Totzeit-Kompensations-Modul R_{del} :

Das Totzeit-Kompensations-Modul R_{del} verbessert das Regelkreisverhalten beim Vorhandensein von Totzeiten in der Strecke G . Dabei wird das Stellersignal u_{sat} nicht verändert, die Sensorgrößen y werden jedoch nach dem Prinzip des Smith-Prädiktors zum zeitkompensierten Sensorwert y_{nb} korrigiert.

Die zu regelnde Strecke G ist im vorliegenden Fall ein Mehrgrößensystem.

Das Prinzip ist aber sowohl für Ein- als auch für Mehrgrößenregelungen anwendbar.

Im Falle der Mehrgrößenregelung sind die Signale an den Modulschnittstellen vektorwertige Signal der gleichen Ordnung.

Die Reihenfolge der Hintereinanderschaltung der Einzelmodule spielt eine entscheidende Rolle für das Gesamtverhalten des Regelkreises. Eine Änderung der Reihenfolge wirkt sich im Allgemeinen negativ auf die Eigenschaften des Regelkreises aus. Die Reihenfolge der einzelnen Module kann somit nicht vertauscht werden.

Da einige der Module dynamische Systeme beinhalten (R_{ffd} , R_{fb} , R_{aw} , R_{del}) und diese untereinander verschaltet sind, ist bei der Implementierung (als diskreter Regler) die Einhaltung einer speziellen Reihenfolge bei der Berechnung erforderlich. Alle dynamischen Reglermodule, also solche, die sogenannte innere Zustände besitzen, müssen jeweils zwei Arten von Berechnungsmethoden zur Verfügung stellen:

output: Berechnung eines Ausgangs in Abhängigkeit der Eingänge und der inneren Zustände und

update: Aktualisierung der jeweiligen inneren Zustände in Abhängigkeit der Eingänge.

Die Berechnung des neuen Stellersignals u_{sat} (begrenzter Stellerwert) des Gesamtreglers erfordert auf Grund der Durchgriffsterme in den Modulen eine bestimmte Reihenfolge der Ausgangsberechnungen der Module. Diese Berechnungsreihenfolge ist nicht eindeutig.

Modul	Variable	Methode
R_{ffs}	u_s	output
	r_s	output
R_{ffd}	u_{ff}	output
	y_{ff}	output
R_{del}	y_{nd}	output
R_{aw}	y_{nsat}	output
R_{fb}	u_c	output
R_{aw}	u_{sat}	output
R_{del}	u_{sat}	output

Nach den jeweiligen Ausgangsberechnungen (output) sind die entsprechenden Ausgangssignale der Module aktualisiert.

Die Aktualisierung der inneren Zustände des Reglers kann in beliebiger Reihenfolge stattfinden. Eine mögliche Berechnungsreihenfolge wäre:

Modul	Variable	Methode
R_{ffd}	y_{nsat}	update
R_{fb}	u_c	update
R_{aw}	u_{sat}	update
R_{del}	u_{sat}	update

Für ausgewählte Module (zum Beispiel Anti-Windup Modul R_{aw}) ist es möglich, auch Realisierungen mit verzögerten Eingangswerten durchzuführen, was notwendig wird, wenn die Berechnungsreihenfolge auf Grund der übergeordneten Softwarearchitektur nicht eingehalten werden kann. Es sind in diesen Fällen meist zusätzliche Speicherelemente nötig.

Die Reglerstruktur RS unterstützt das Weglassen einzelner oder mehrerer Module, sowie das Auswechseln verschiedener Umsetzungen eines Moduls. Eine Gesamtregelung kann, muss aber nicht, einzelne Module enthalten.

Änderungen in den Modulen können punktuell durchgeführt werden, ohne andere Module zu beeinflussen. Die Modul-Entwicklung und -Verwaltung sowie Versionierung kann dadurch parallelisiert werden. Aus den Modulen können bibliotheksartig rasch verschiedene Kombinationen zusammengestellt werden. Durch mehrere Gleichteile wird die Versionierung stark entlastet und die Softwarequalität erheblich erhöht.

Anforderungen an die Gesamtregelung können in einzelne Anforderungen an Module zerlegt werden. Bestimmte Anforderungen können über die Aktivierung, Deaktivierung oder Hinzunahme von Modulen erfüllt werden. Die Parametrierung kann sequentiell erfolgen – zum Unterschied zu einer gleichzeitigen oder iterativen Parametrierung der gesamten Regelung. Dadurch sinkt der Aufwand der Parametrierung.

Die Parameter und Module sind besser spezifischen Anforderungen zuordbar. Dies spielt eine große Rolle in der Erstellung von Tests (und deren Wiederverwendbarkeit) und in der Absicherung der Software.

Durch die standardisierten Module wird eine Gruppierung der Berechnungsvorschriften der Regelung ermöglicht, was zu wesentlichen Vorteilen bei der Erstellung, Wartung, Prüfung, Einstellung und beim Betrieb der Regelung führt.

Die Schnittstellen sind derart gestaltet, dass einzelne Module weggelassen werden können.

Im Falle, dass der dynamische Vorsteuerungsmodul R_{ffd} entfällt, gilt:

$$u_{ff} = u_s$$

$$y_{ff} = R_s.$$

Entfällt das Rückführ-Regelungs-Modul R_{fb} , dann ist

$$u_c = u_{ff}.$$

y_{ff} und y_{nsat} werden nicht benötigt.

Entfällt das Anti-Windup-Modul R_{aw} so gilt:

$$\begin{aligned} u_{sat} &= u_c \\ y_{nsat} &= y_{nd}. \end{aligned}$$

Bei einer wegfallenden Totzeitkompensation gilt:

$$y_{nd} = y.$$

Die Verwendung gemeinsamer Parameter in den Modulen kann zu einer drastischen Reduktion der Anzahl der gesamten zur Beschreibung notwendigen Parameter führen. Das reduziert die Berechnungszeit, den Einstellaufwand, den Speicheraufwand und den Änderungsaufwand. Praktischerweise können die Parameter der Module vom Arbeitspunkt z abhängig sein.

Anwendung findet diese Möglichkeit speziell bei "modellbasierten Regelungen", wo in den Modulen jeweils auch mathematische Teile beziehungsweise Parameter davon verwendet werden.

Die erfindungsgemäße Reglerstruktur RS findet insbesondere Anwendung bei der Umsetzung einer diskreten Regelung auf einem elektronischen Steuergerät eines Fahrzeugs, wo die entsprechende Berechnungsvorschrift zyklisch ausgeführt wird.

Ein konkretes Beispiel einer Reglerstruktur ist die Luftpfadregelung eines Dieselmotors. Diese befindet sich auf einem Motorsteuergerät. Dort wird der Turboladersteller und die Abgasrückführklappe so geregelt, dass zu jedem Zeitpunkt zwei zeitlich variable Zielwerte möglichst gut erreicht werden. Aber auch andere Regelungen von Brennkraftmaschinen können als Beispiel dienen: Beispielsweise die Regelung der Verbrennungsschwerpunktlage (alternative Dieselerverbrennung), oder die Lambda-Regelung beim Ottomotor.

PATENTANSPRÜCHE

1. Reglerstruktur (RS), insbesondere für eine Motorsteuerung für Fahrzeuge, mit als modulares System ausgebildeten Funktionseinheiten, wobei mehrere Funktionseinheiten über Schnittstellen zu einer Einheit zusammenfassbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reglerstruktur (RS) als Funktionseinheiten zumindest ein statisches Vorsteuermodul (R_{ffs}) und zumindest ein Modul aus der Gruppe dynamisches Vorsteuermodul (R_{ffd}), Rückführ-Regelungs-Modul (R_{fb}), Anti-Windup-Modul (R_{aw}) und Totzeit-Kompensations-Modul (R_{del}) aufweist.
2. Reglerstruktur (RS) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das statische Vorsteuermodul (R_{ffs}) zumindest einen Eingang (E_{ffs}) für zumindest einen momentanen Betriebspunkt (z), zumindest einen ersten Ausgang (A_{ffs1}) für zumindest einen vom momentanen Betriebspunkt abhängigen statischen Stellerwert (u_s) und zumindest einen zweiten Ausgang (A_{ffs2}) für zumindest einen entsprechenden notwendigen statischen Sollwert (r_s) aufweist, wobei der statische Vorsteuermodul (R_{ffs}) ausgebildet ist, um zumindest einen statischen Sollwert (r_s) und zumindest einen entsprechenden notwendigen statischen Stellerwert (u_s) in Abhängigkeit des momentanen Betriebspunktes (z) zu ermitteln.
3. Reglerstruktur (RS) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dynamische Vorsteuermodul (R_{ffd}) zumindest einen ersten Eingang (E_{ffd1}) für zumindest einen statischen Stellerwert (u_s), zumindest einen zweiten Eingang (E_{ffd2}) für zumindest einen statischen Sollwert (r_s), zumindest einen ersten Ausgang (A_{ffd1}) für zumindest einen dynamischen Stellerwert (u_{ff}), und zumindest einen zweiten Ausgang (A_{ffd2}) für zumindest einen gefilterten Sensorwert (y_{ff}) aufweist, wobei das dynamische Vorsteuermodul (R_{ffd}) ausgebildet ist, um aus zumindest einem statischen Stellerwert (u_s) und zumindest einem statischen Sollwert (r_s) zumindest einen dynamischen Stellerwert (u_{ff}) und zumindest einen gefilterten Sensorwert (y_{ff}) zu ermitteln.
4. Reglerstruktur nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der gefilterte Sensorwert (y_{ff}) dem Ausgang (y) der zu regelnden Strecke (G) entspricht, wenn die entsprechenden dynamischen Stellerwerte (u_{ff}) am Eingang der zu regelnden Strecke (G) wirken.
5. Reglerstruktur (RS) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rückführ-Regelungs-Modul (R_{fb}) zumindest einen ersten Eingang (E_{fb1}) für zumindest einen dynamischen Stellerwert (u_{ff}), zumindest

einen zweiten Eingang (E_{fb2}) für zumindest einen gefilterten Sollwert (y_{ff}), zumindest einen dritten Eingang (E_{fb3}) für zumindest einen korrigierten Sensorwert (y_{nsat}) und zumindest einen Ausgang (A_{fb}) für zumindest ein unbegrenztes Stellersignal (u_c) aufweist, wobei das Rückführ-Regelungs-Modul (R_{fb}) ausgebildet ist, um – bei einer Abweichung zwischen dem erwarteten gefilterten Sensorwert (y_{ff}) und einem korrigierten Sensorwert an (y_{nsat}) – ein unbegrenztes Stellersignal (u_c) zu liefern, welches sich aus einem momentanen Vorsteuerwert (u_{dff}) und einem Rückführanteil zur Korrektur der Abweichung zusammensetzt.

6. Reglerstruktur (RS) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anti-Windup-Modul (R_{aw}) zumindest einen ersten Eingang (E_{aw1}) für zumindest ein unbegrenztes Stellersignal (u_c), zumindest einen zweiten Eingang (E_{aw2}) für zumindest ein zeitkompensierten Sensorwert (y_{nd}), zumindest einen dritten Eingang (E_{aw3}) für zumindest eine Stellerbegrenzung (u_{lim}), zumindest einen ersten Ausgang (A_{aw1}) für ein Stellerwert (u_{sat}) und zumindest einen zweiten Ausgang für zumindest einen korrigierten Stellerwert (y_{nd}) aufweist, wobei das Anti-Windup-Modul (R_{aw}) ausgebildet ist, um aus zumindest einem unbegrenzten Stellersignal (u_c), zumindest einer Stellerbegrenzung (u_{lim}) und zumindest einem totzeitkompensierten Sensorwert (y_{nd}), zumindest einen begrenzten Stellerwert (u_{sat}) und zumindest einen um den Anteil der Stellerbegrenzung (u_{lim}) korrigierten Sensorwert (y_{nsat}) zu ermitteln.
7. Reglerstruktur (RS) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Totzeit-Kompensations-Modul (R_{del}) zumindest einen ersten Eingang (E_{del1}) für zumindest eine Sensorgröße (y) und zumindest einen ersten Ausgang (A_{del1}) für zumindest einen totzeitkompensierten Sensorwert (y_{nd}) aufweist, wobei das Totzeit-Kompensations-Modul (R_{del}) ausgebildet ist, um vorzugsweise nach dem Prinzip eines Smith-Prädiktors aus zumindest einer Sensorgröße (y) zumindest einen totzeitkompensierten Sensorwert (y_{nd}) zu ermitteln.
8. Reglerstruktur (RS) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Totzeit-Kompensations-Modul (R_{del}) zumindest einen zweiten Eingang (E_{del2}) und zumindest einen zweiten Ausgang (A_{del2}) für zumindest einen begrenzten Stellerwert (u_{sat}) aufweist, wobei vorzugsweise das Totzeit-Kompensations-Modul (R_{del}) ausgebildet ist, um den begrenzten Stellerwert (u_{sat}) unverändert durchzuschleusen.

9. Reglerstruktur (RS) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in zumindest zwei der Module (R_{ffs} , R_{ffd} , R_{fb} , R_{aw} , R_{del}) gemeinsame Parameter verwendet werden.
10. Reglerstruktur (RS) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reglerstruktur (RS) in einen Regleralgorithmus (R) implementiert ist.

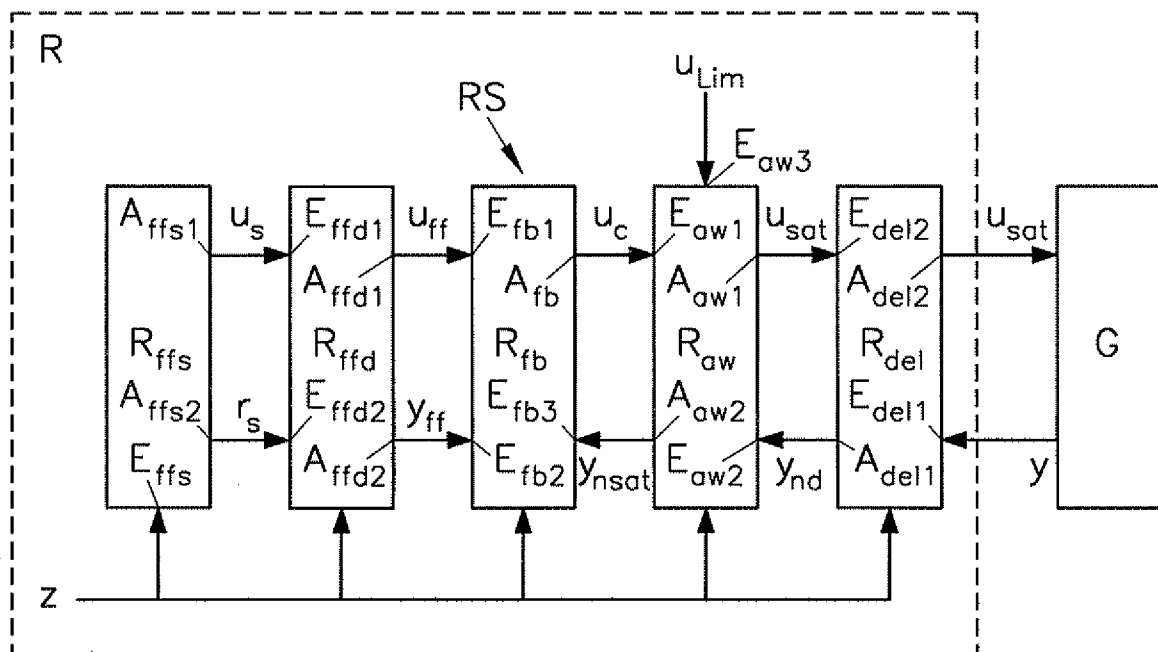


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/071570

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/14
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 965 058 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 3 September 2008 (2008-09-03) abstract; claims 1,5-7; figures 7,8 paragraph [0050] - paragraph [0054] -----	1,2,5-7, 9,10
X	US 2006/016438 A1 (KANG JUN-MO [US]) 26 January 2006 (2006-01-26) abstract; claim 1; figure 1 paragraph [0016] - paragraph [0026] -----	1-3,5,9, 10
X	US 2007/186908 A1 (FUKASAWA OSAMU [JP]) 16 August 2007 (2007-08-16) abstract; figures 3,14 paragraph [0043] paragraph [0077] - paragraph [0078] ----- -/-	1,2,5, 7-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 March 2013

Date of mailing of the international search report

11/03/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van der Staay, Frank

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/071570

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 323 990 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 2 July 2003 (2003-07-02) abstract; claim 1; figure 2 paragraph [0015] - paragraph [0016] -----	1,3-5,9, 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/071570

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 1965058	A2	03-09-2008	CN	101255822 A		03-09-2008
			EP	1965058 A2		03-09-2008
			JP	2008215112 A		18-09-2008
			KR	20080080006 A		02-09-2008
			US	2008202118 A1		28-08-2008

US 2006016438	A1	26-01-2006	CN	1989333 A		27-06-2007
			DE	112005001662 T5		17-07-2008
			US	2006016438 A1		26-01-2006
			WO	2006019816 A2		23-02-2006

US 2007186908	A1	16-08-2007	DE	102007000091 A1		06-09-2007
			JP	4538851 B2		08-09-2010
			JP	2007218144 A		30-08-2007
			US	2007186908 A1		16-08-2007

EP 1323990	A1	02-07-2003	EP	1323990 A1		02-07-2003
			JP	2002115801 A		19-04-2002
			US	2004040301 A1		04-03-2004
			WO	0229335 A1		11-04-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02D41/14

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 965 058 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 3. September 2008 (2008-09-03) Zusammenfassung; Ansprüche 1,5-7; Abbildungen 7,8 Absatz [0050] - Absatz [0054] -----	1,2,5-7, 9,10
X	US 2006/016438 A1 (KANG JUN-MO [US]) 26. Januar 2006 (2006-01-26) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1 Absatz [0016] - Absatz [0026] -----	1-3,5,9, 10
X	US 2007/186908 A1 (FUKASAWA OSAMU [JP]) 16. August 2007 (2007-08-16) Zusammenfassung; Abbildungen 3,14 Absatz [0043] Absatz [0077] - Absatz [0078] ----- -/-	1,2,5, 7-10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. März 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/03/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van der Staay, Frank

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 323 990 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 2. Juli 2003 (2003-07-02) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 2 Absatz [0015] - Absatz [0016] -----	1,3-5,9, 10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/071570

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1965058	A2	03-09-2008	CN	101255822 A		03-09-2008
			EP	1965058 A2		03-09-2008
			JP	2008215112 A		18-09-2008
			KR	20080080006 A		02-09-2008
			US	2008202118 A1		28-08-2008

US 2006016438	A1	26-01-2006	CN	1989333 A		27-06-2007
			DE	112005001662 T5		17-07-2008
			US	2006016438 A1		26-01-2006
			WO	2006019816 A2		23-02-2006

US 2007186908	A1	16-08-2007	DE	102007000091 A1		06-09-2007
			JP	4538851 B2		08-09-2010
			JP	2007218144 A		30-08-2007
			US	2007186908 A1		16-08-2007

EP 1323990	A1	02-07-2003	EP	1323990 A1		02-07-2003
			JP	2002115801 A		19-04-2002
			US	2004040301 A1		04-03-2004
			WO	0229335 A1		11-04-2002
