



(12) **Wirtschaftspatent**

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **96 912 B1**

5(51) **B 63 H 21/22**

PATENTAMT der DDR

(21) WP B 63 H / 162 879 2

(22) 11.05.72

(45) 06.06.90

(44) 12.04.73

(71) siehe (72)

(72) Engelhard, Peter, Ostseeallee 4, Rostock 22, 2520, DD

(54) **Verfahren zur Optimierung des Startablaufes von durch Automatanlagen ferngesteuerten Verbrennungskraftmaschinen für Schiffsantriebe**

Patentanspruch:

1. Verfahren zur Optimierung des Startablaufes von durch Automatanlagen ferngesteuerten Verbrennungskraftmaschinen für Schiffsantriebe bis zur befohlenen Drehzahl der neuen Drehrichtung, hervorgerufen durch eine Startenergie, **gekennzeichnet dadurch**, daß durch einen Treibmittelimpuls ein Drehmomentenimpuls hervorgerufen wird und dadurch eine Drehzahländerung, die eine neue Drehzahl einstellt, welche mit einer gewünschten Start-Solldrehzahl verglichen wird, die daraus nach Wert und zeitlichem Verlauf resultierende Drehzahldifferenz die Treibmittel-Mengen-Veränderung unmittelbar vorgibt, wobei die negative Drehzahldifferenz die Treibmittelmenge erhöht und die positive Drehzahldifferenz die Treibmittelmenge vermindert, so daß die Istdrehzahl den Wert der gewünschten Start-Solldrehzahl einnimmt.
2. Verfahren zur Optimierung des Startablaufes nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die maximal erreichbare Drehzahl als Analogwert gespeichert wird und dieser gespeicherte Wert als Berechnungsgrundlage dient, bis zu welcher Drehzahl die Istdrehzahl der Verbrennungskraftmaschine ohne Schaden für sie mit hoher Änderungsgeschwindigkeit gesteigert wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung des Startablaufes bis zur befohlenen Drehzahl von durch Automatanlagen ferngesteuerten Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere Dieselmotoren für Schiffsantriebe.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Das Anlaßverhalten eines Dieselmotors für einen Schiffsantrieb ist durch rückwirkende Kräfte, herrührend vom Propeller (Steigung evtl. variabel), vom Fahrzustand des Schiffes insofern unterschiedlich, wie diese Kräfte

- a) im Betrag groß sind
- b) welche Tendenz die Betragsänderung besitzt und
- c) unter welchem Vorzeichen der Betrag zur gewünschten-Startrichtung bzw. Startkraft steht.

Diesen Schwierigkeiten wird im manuellen Start nur durch Zufall, Erfahrung bzw. durch erhebliches Training des Maschinisten Rechnung getragen, denn es kommt nicht nur darauf an, den Diesel schlechthin zu starten, sondern es ist dafür zu sorgen, daß die „Nautische Wirkung“ des Manövers nicht durch Lufteintritt in das neue Schraubenwasser im Start (für den Diesel unzumutbare heftige Drehzahlerhöhung) gemindert wird.

Es bietet sich also schon im Interesse der Schiffssicherheit – abgesehen von ökonomischen Vorteilen – ein optimierter Automatikstart an.

Dazu ist es jedoch notwendig, daß die vorher erwähnten Kräfte in ihren Größen, Richtungen und Tendenzen erfaßt werden, um eine optimale Startintensität der Brennstofffüllung wirksam werden zu lassen.

Die notwendigen Meßwandler zur Erfassung dieser Kräfte sind jedoch nicht vorhanden, bzw. sie sind für Betriebsmessungen zu aufwendig, zu teuer oder zu träge.

Bekannte Automatanlagen zur Fernbedienung von Schiffsdieselmotoren stellen fast ausschließlich festprogrammierte Automaten dar. In einigen Fällen wird in ihnen zur Festlegung einer variablen Größe der Startintensität die Schiffsgeschwindigkeit im Augenblick des Starts oder die Schleppzeit vom Umsteuerbefehl bis zum Unterschreiten einer festgelegten Umsteuerdrehzahl herangezogen. Es sind keine Automatanlagen bekannt, welche die Möglichkeit bieten, bei Anlaßmanövern, welche mit einer momentanen Schiffsgeschwindigkeit in der Richtung übereinstimmen durch die Arbeitsweise der Automatik einen Drehzahlbetrag bestimmen, bis zu welchem die Istdrehzahl mit hoher Geschwindigkeit an die Solldrehzahl des Geberbefehls herangeführt werden kann.

Durch die festprogrammierten Starts, bzw. auch bei beschränkter Variabilität der Startfüllung ist es unumgänglich, die Startintensität jeden Schwierigkeitsgrades nach dem in der Charakteristik vorkommenden schwierigsten Start auszulegen; dazu wird noch ein Sicherheitsbetrag (z. B. „Notmanöver“) aufgeschlagen.

Dieses ist ein teures, zeitraubendes (f. d. Justierung) und unsicheres Verfahren, da eine Einschätzung eines „Schwierigsten Startes“ in der betreffenden Manövercharakteristik mit größeren Fehlern behaftet ist.

Die Folge davon ist immer entweder ein mißglückter Automatikstart oder eine relative Überlastung des Diesels im Start.

Die „Nautische Wirkung“ des Manövers entspricht nicht immer der Erwartung der Schiffsführer, da bei zu hoher Startintensität eine große Drehzahlerhöhung des Diesels die Folge ist, damit der Schraubenwasserstrom abreißt und durch Lufteintritt in das Schraubenwasser die Schraube „nicht faßt“.

Ein Drehzahlregler, welcher nach dem Start die Istdrehzahl an die Solldrehzahl heranzuführen soll, findet u. U. sehr große Drehzahldifferenzen vor und reagiert entsprechend heftig: Er vermindert die Brennstofffüllung auf einen Wert, welcher einen Fehlstart heraufbeschwört. Wenn die Startintensität in Grenzen variabel gestaltet ist, ist die Automatik von anderen Anlagen abhängig (z. B. Fahrtmeßanlage). Die Abhängigkeit der Automatikfunktion von einer Fahrtmeßanlage ist in Reviergewässern, wo die Mehrzahl aller Manöver vorkommen, insofern nicht zu befürworten, da es eine Tatsache ist, daß in Reviergewässern ein Geschwindigkeits-Meßwandler aus Sicherheitsgründen in den Schiffskörper eingefahren werden muß, also die Fahrtmeßanlage außer Betrieb gesetzt ist. Wenn die Schleppzeit vom Umsteuerbefehl bis zur Unterschreitung einer „Umsteuerdrehzahl“ zur Größenbestimmung der Startintensität herangezogen wird, so stimmt diese Intensität auch nur für den Betriebsfall zur Zeit der Justierung; befindet sich das Schiff in einem extrem großen Tiefgang unter Flachwassereinfluß, ist die „Schleppzeit“ sehr viel kürzer, jedoch die Starts werden sehr viel schwerer im Umsteuermanöver. Somit ist ein Fehlstart im Flachwassereinfluß evtl. die Regel.

Zur Zeit ist es im Automatikbetrieb nicht möglich, automatisch einen Drehzahlwert zu bestimmen, bis zu welchem die Istdrehzahl stark beschleunigt der Schiffsführung ohne Überlastung des Diesels zur Verfügung gestellt werden kann, nachdem der Start in die Richtung durchgeführt worden ist, welche mit einer momentanen Schiffsgeschwindigkeitsrichtung übereinstimmt. Dieses ist notwendig, falls es nautisch notwendig ist, beschleunigt durch das Schraubenwasser eine Ruderwirkung zu erhalten o. ähnliche Fälle vorkommen.

Ziel der Erfindung

Es ist der Zweck der Erfindung, diese genannten Mängel zu beseitigen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, welches mit möglichst geringem Aufwand und hoher Zuverlässigkeit ermöglicht, einen einwandfreien Automatikbetrieb mit der Schiffshauptantriebsanlage zu gewährleisten. Es sollen dabei alle Einflüsse, welche den nautischen Wert des Manövers mindern und die maschinentechnischen Werte überfordern, durch das erfindungsgemäße Zusammenarbeiten der Automatik mit der Hauptantriebsanlage ausgeschaltet werden.

Die Automatik soll in die Lage versetzt werden, logische Handlungen zu allen Situationen der Startschwierigkeitsgrade durchzuführen.

Erfindungsgemäß wird die Tatsache genutzt, daß eine Arbeitsmaschine je nach den äußeren Lasteeinflüssen, in und nach einem aus einem startcharakteristisch gleichen Voraussetzungen geführten Momentimpuls (Startcharakteristisch immer gleich) einen Drehzahlerhöhungsmaximalwert zeigt und damit aussagt, inwieweit der Start leicht ist.

Nach Beendigung des Momentimpulses zeigt sich eine der Startschwierigkeiten proportionale abfallende Drehzahl tendenz und in einem Auswertzeitpunkt ein bestimmter Drehzahlwert, welcher zur Startschwierigkeitsbeurteilung herangezogen werden kann.

Das Zeit/Drehzahldiagramm des Momentimpulses an der Arbeitsmaschine ist darüber vollwertig aussagekräftig, inwiefern im Start externe und interne Widerstandsmomente als Summe im Sinne des Starts oder gegen den Start gerichtet sind.

Inerte Widerstände werden durch den momentanen Zustand der Maschine und Wellenanlage bestimmt:

Temperatur der Anlage, Beschaffenheit der Lagerungen usw. Art des Treibmittels (z. B. Dieselmotorkraftstoff oder Schweröl) und dessen Temperatur.

Art, Druck und Temperatur der momentanen Aufladung.

Art, Druck und Temperatur des Schmiermittels.

Alle technischen Mängel an der Antriebsanlage (z. B. Ausfall einer Brennstoffeinspritzpumpe).

Die externen Widerstände hängen ab:

von der Steigung der Schiffsschraube (Verstellpropeller), von der momentanen Ruderlage, vom Fahrtzustand des Schiffes, vom Tiefgang des Schiffes, vom Flachwassereinfluß und der Wasserdichte (die Wasserdichte ist sehr gering, wenn die „Schraube Luft gezogen hat“).

Diese Widerstände können sehr große Werte erreichen und zur Startrichtung positives oder negatives Vorzeichen besitzen.

Der Momentenimpuls wird bei eintreffender Startdrehzahl durch die Startmittelenergie (und geringe Treibstoffzufuhr) als Füllungsimpuls so dimensioniert, daß die Maschine in einer mittleren Startschwierigkeit (Schiffsgeschwindigkeit = 0 kn; Tiefwasser unter Kiel) eine Start-Solldrehzahl erreicht.

Bei jeder anderen Startschwierigkeit wird sich durch den Füllungsimpuls eine größere (leichterer Start) oder kleinere (schwerer Start) Istdrehzahl einstellen.

In der Auswertzeit nach dem Füllungsimpuls wird also die Istdrehzahl tendenz und/oder die Drehzahldifferenz zur Start-Solldrehzahl erfaßt.

Der Drehzahl-Maximalwert durch die zweckentsprechende Füllungsimpulshöhe wird analog in seinem Wert gespeichert. Die Drehzahldifferenz und (oder) -tendenz werden mit je verschiedener Verstärkung **erfindungsgemäß** Entsprechend ihrem Vorzeichen als Maßstab des Betrages, bis zu welchem die Füllung durchgehend schnell nach dem Füllimpuls vergrößert oder verkleinert wird, verwendet. Mit diesem Füllungswert ist die Maschine in der Lage, die Start-Solldrehzahl zu realisieren.

Der Drehzahlregler erhält somit unmittelbar nach dem Start einen optimierten Ausgangspunkt der Füllung, von welchem er seine Füllungsarbeit zur Erhaltung der Start-Solldrehzahl mit der ihm eigenen Charakteristik weiterführen kann.

Wenn sich die Start-Solldrehzahl durch den Drehzahlregler als Beruhigungsdrehzahl stabilisiert hat, wird ein Drehzahlhochführprogramm durch den Regler die Istdrehzahl an die gewünschte Drehzahl heranzuführen.

Der gespeicherte Drehzahl-Maximalwert (entstanden durch den Füllungsimpuls) bildet **erfindungsgemäß** dafür einen Maßstab zu dem Solldrehzahlwert, bis zu welchem die Istdrehzahl der Maschine mit hoher Geschwindigkeit unabhängig vom normalen Drehzahlsteigerungsprogramm geführt werden kann, ohne die Maschine in irgend einer Weise zu überlasten.

Durch diese Arbeitsweise der Automatik ist die Gewähr gegeben, daß der Propeller in jeder Situation der Startschwierigkeit stabil „im Wasser faßt“, der neue Schraubenwasserstrom nicht abreißen kann.

Es wird bei diesem Startverfahren allen Veränderungen an der Antriebsanlage (zu Gunsten oder zu Ungunsten der Starts nach längerer Betriebszeit der Anlage) automatisch Rechnung getragen.

Die Maschine wird nur der Notwendigkeit entsprechend im Start belastet. Dieses ist auch bei „Notmanöver“ der Fall, wenn bei Schiffsgeschwindigkeit = 0 kn gestartet wird.

Vorhandene, bereits installierte Analgen zur Fernbedienung von Dieselmotoren (soweit sie mit Drehzahlregler ausgestattet sind, deren P-, I- und D-Parameter elektrisch oder auf andere Art laufend einflußbar sind) können mit der erfindungsgemäßen Funktion (auch teilweise einzelne Funktionswirkungen) nachgerüstet werden.

Das bei Zusammenwirken von Automatanlagen und verschiedenen Diseltypen im Start auftretende Asprechen der Sicherheitsventile einzelner Zylinder wird nach Anwendung des erfindungsgemäßen Startablaufes völlig unterbunden.

Die interne Beurteilung der absoluten Startschwierigkeit durch Zusammenwirken der Automatik mit der Antriebsanlage des Schiffes ist zuverlässig gesichert. Die Automatik stellt im Start fest, inwiefern der Diesel dazu in der Lage ist, gewünschte Drehzahlen nach dem Start und bis zu welchem Betrag diese Drehzahlen stark beschleunigt dem nautischen Personal zur Verfügung gestellt werden können, ohne daß der Diesel überfordert wird. Wenn bei Verstellpropellerbetrieb die Steigerung des Propellers berücksichtigt wird, ist die Beschleunigung der Istdrehzahl auf den Sollwert in optimierter Form möglich. Eine Heranziehung der Schiffsgeschwindigkeit würde bei Verstellpropellerbetrieb für die beschleunigte Drehzahlsteigerung völlig versagen.

Der Diesel wird in den erfindungsgemäßen Automatikbetrieb immer von einem optimierten Automaten bedient.

Dieser Automat arbeitet völlig selbständig, ist in seiner Zuverlässigkeit nicht abhängig von anderen Anlagenarten. Damit kann vom Automatikhersteller dem Dieselhersteller für seine Maschine ein gleichbleibend optimales Programm für den Startablauf zugesichert bekommen.

Ausführungsbeispiel

Es werden 5 Startcharakteristiken erläutert, in welchen ab der Zündrehzahl – n_z – die erfindungsgemäße Funktion wirkt. In diesen Beispielen wird unterstellt, daß der Füllungsimpuls – F_i – und der Füllungsrücklaufbetrag – F_R – bei allen Startcharakteristiken im Betrag gleich groß justiert wurden.

Ab Drehzahl – n_z – wird die Füllung auf den Wert – F_i – gefahren, um nach justierbarer Zeit – T_i – sofern auf den Rücklaufwert – F_R – wieder vermindert zu werden.

Die Reaktion der Istdrehzahl äußert sich entsprechend den äußeren Lasteinwirkungen auf die Hauptantriebsanlage als Drehzahlerhöhung durch den Füllungsimpuls.

Die Impulsdrehzahlerhöhung – n_i – wird, falls sie den Wert – $n_{i, \min}$ – überschreitet (Startcharakter 1 bzw. 2), in ihrem Maximalwert gespeichert. Der gespeicherte Wert wird im Drehzahlerhöhungsprogramm als Maßstabe dazu herangezogen, daß das Drehzahlerhöhungs-Zeitprogramm bis zu einer bestimmten Drehzahl unwirksam ist. Diese bestimmte Drehzahl wird mit maximal möglicher Hochfuhrgeschwindigkeit durch die Automatik am Diesel eingestellt. Dieser gespeicherte Drehzahlwert wird mit – n_b – bezeichnet. Im Beispiel Start 1 beträgt er 77% der maximalen Betriebsdrehzahl.

Im Beispiel Start 2 beträgt er 38% der maximalen Betriebsdrehzahl.

Nach – F_R – wird im Zeitpunkt – t_p – die Drehzahldifferenz – $n_{B, \max}$ – der Istdrehzahl zur Startsolldrehzahl – $n_{\text{Start}} - (n_{\text{ist}} - n_{\text{Start}})$ – erfaßt und entsprechend dem Vorzeichen der Differenz vergrößert (Vorzeichen = +) oder verkleinert (Vorzeichen = –).

Der Betrag der Fülländerung ab – F_R – ist abhängig der Größe der Drehzahldifferenz ($n_{\text{ist}} - n_{\text{Start}}$) im Zeitraum – T_p –.

Der eingefahrene Betrag der Füllungsänderung nach – F_R – wird „Proportionaler Füllungssprung“ – F_p – genannt. – F_p – kann die „minimale Betriebsfüllung“ – $F_{\min}$ – nicht unterschreiten. (Bei Start 1 entspricht – F_{p1} – also – $F_{\min}$ –.)

Das Hochfahren der Istdrehzahl wird im Zeitpunkt – t_H – eingeleitet. Falls im Start – n_i – der Wert – $n_{i, \min}$ – überschritten ist, ist der Zeitpunkt – t_H – im Abschluß – F_p – wirksam.

Falls im Start – n_i – den Wert – $n_{i, \min}$ – unterschreitet, ist der Zeitpunkt – t_H – nach Erreichen der Startdrehzahl wirksam.

Der Drehzahlregler ist sofort nach – F_p – wirksam.

