(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 704 302 B1

(51) Int. Cl.: F02K 7/10 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00915/08

(22) Anmeldedatum: 16.06.2008

(30) Priorität: 20.06.2007 US 11/765,666

(24) Patent erteilt: 29.06.2012

(45) Patentschrift veröffentlicht: 29.06.2012

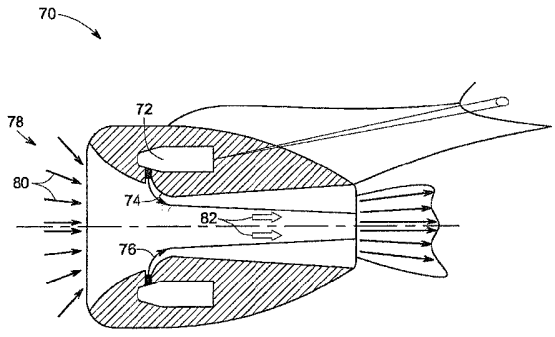
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Andrei Tristan Evulet, Clifton Park, New York 12065 (US)
Ludwig Christian Haber, Rensselaer, NY 12144 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) Schuberzeuger, Flugzeug, Verfahren zur Erzeugung von Schub und Verfahren zur Verbesserung des Antriebswirkungsgrades eines Flugzeugs.

(57) Es wird ein Schuberzeuger geschaffen. Der Schuberzeuger schliesst einen Lufteinlass (78), der so konfiguriert ist, um Luft (80) in den Schuberzeuger einzuleiten, und eine Kammer (72) ein, die so konfiguriert ist, um Abgas von einem Gaserzeuger zu empfangen und das Abgas über ein Coanda-Profil (74) bereitzustellen. Das Coanda-Profil (74) ist so konfiguriert, um das Anhaften des Abgases an dem Coanda-Profil (74) zu erleichtern. Hierdurch ist eine Grenzschicht gebildet und wird die eintretende Luft (80) aus dem Lufteinlass (78) zur Erzeugung von Schub mitgerissen.



Beschreibung

Hintergrund

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein einen Schuberzeuger, ein Flugzeug, ein Verfahren zur Erzeugung von Schub und ein Verfahren zur Verbesserung des Antriebswirkungsgrades eines Flugzeugs.

[0002] Verschiedene Antriebssysteme sind bereits bekannt und in Verwendung. Zum Beispiel tritt bei einem durch ein Turbostrahltriebwerk angetriebenen Düsenflugzeug Luft in eine Ansaugung ein, bevor sie durch einen rotierenden Kompressor auf einen höheren Druck komprimiert wird. Die komprimierte Luft wird dann in eine Brennkammer weitergeleitet, wo sie mit einem Brennstoff gemischt und gezündet wird. Die heissen Verbrennungsgase gelangen dann in eine Turbine, wo Leistung zum Antrieb des Kompressors entnommen wird. In einem Turbostrahltriebwerk werden die Abgase von der Turbine durch eine Düse beschleunigt, um Schub zu erzeugen.

[0003] Des Weiteren wird die Abgasströmung durch die Schubdüse auf atmosphärischen Druck entspannt, die einen Nettoschub zum Antrieb des Düsenflugzeugs schafft. Typischerweise ist die Schubdüse in einem Turbostrahltriebwerk nahezu ganz gedrosselt. Somit ist der Antriebswirkungsgrad solcher Triebwerke begrenzt, da der einzige Weg, den Schub zu erhöhen, darin besteht, die thermodynamische Verfügbarkeit des Abgasstroms zu erhöhen.

[0004] Bestimmte andere Antriebssysteme verwenden ein Turbofan-Triebwerk. Turbofan-Triebwerke umfassen typischerweise den grundlegenden Kern des Turbostrahltriebwerks zusammen mit zusätzlichen Turbinenstufen, die zur Gewinnung von Leistung aus den Abgasen zum Antrieb eines grossen Bläsers eingesetzt werden, welcher Umgebungsluft beschleunigt und unter Druck setzt und diese durch seine eigene Düse beschleunigt. Kompressor, Brennkammer und Hochdruck-Turbine innerhalb eines Turbofan-Triebwerks sind identisch mit jenen, die in einem Turbostrahltriebwerk eingesetzt werden, und werden im Allgemeinen als Triebwerkskern oder Gaserzeuger bezeichnet. Solche Systeme erfordern jedoch bewegliche Teile wie etwa einen Bläser, und eine zweite Welle, die durch die Niederdruckturbine angetrieben wird. Auf Grund bestimmter Parametergrenzen in der Praxis, wie etwa Rumpfgrösse und Bläsergrösse, haben diese Einrichtungen nur einen beschränkten Antriebswirkungsgrad und sind anfällig für Triebwerksschäden durch herumfliegende Fremdkörper (FOD oder foreign object debris).

[0005] Dementsprechend gibt es Bedarf für ein Antriebssystem mit hohem Antriebswirkungsgrad und niedrigem spezifischem Brennstoffverbrauch. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, eine Einrichtung zu schaffen, die mit bestehenden Antriebssystemen kombiniert werden kann, um den Antriebswirkungsgrad solcher Systeme zu verbessern.

Kurzbeschreibung

[0006] Die Erfindung betrifft einen Schuberzeuger. Der Schuberzeuger schliesst einen Lufteinlass, der so konfiguriert ist, um Luft in den Schuberzeuger einzuleiten, und eine Kammer ein, die so konfiguriert ist, um Abgas von einem Gaserzeuger zu empfangen und das Abgas über ein Coanda-Profil bereitzustellen, wobei das Coanda-Profil so konfiguriert ist, um das Anhaften des Abgases an dem Coanda-Profil zu erleichtern, um eine Grenzschicht zu bilden und eintretende Luft aus dem Lufteinlass zur Erzeugung von Schub mitzureissen.

[0007] Die Erfindung betrifft ferner ein Flugzeug. Das Flugzeug schliesst einen Flugzeugrahmen und einen an den Flugzeugrahmen gekoppelten Gaserzeuger an, der so konfiguriert ist, um Abgas zu erzeugen. Das Flugzeug schliesst auch eine Vielzahl von an den Flugzeugrahmen gekoppelten Schuberzeugern nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ein, die so konfiguriert sind, um das Abgas von dem Gaserzeuger zu empfangen und Schub für den Antrieb des Flugzeugs zu erzeugen, wobei jeder der Vielzahl von Schuberzeugern zumindest eine Oberfläche des Schuberzeugers mit einem Coanda-Profil umfasst, das so konfiguriert ist, um das Anhaften des Abgases an dem Coanda-Profil zu erleichtern, um eine Grenzschicht zu bilden und eintretende Luft von einem Lufteinlass mitzureissen, um einen Luftstrom zu erzeugen.

[0008] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Erzeugung von Schub. Das Verfahren schliesst das Einleiten von Abgas von einem Gaserzeuger über ein Coanda-Profil eines Schuberzeugers nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ein, um eine Grenzschicht zu bilden und Luft durch die Grenzschicht mitzureissen, um aus einer Impulsdifferenz zwischen Einlass- und Auslassströmen der Luftströmung Schub zu erzeugen.

[0009] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Verbesserung des Antriebswirkungsgrades eines Flugzeugs nach einem der Ansprüche 6 bis 8. Das Verfahren schliesst das Koppeln zumindest eines Schuberzeugers an einen Gaserzeuger des Flugzeugs ein, wobei der zumindest eine Schuberzeuger konfiguriert ist, um durch Ablenken von Abgas von dem Gaserzeuger über ein Coanda-Profil zur Bildung einer Grenzschicht und folgendes Mitreissen von eintretender Luft durch die Grenzschicht Schub zu erzeugen.

Zeichnungen

[0010] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden durch die Lektüre der folgenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen besser verständlich, in welchen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile darstellen, und worin:

Fig. 1 ist eine diagrammatische Veranschaulichung eines Flugzeugs mit einer Vielzahl von Schuberzeugern in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 2 ist eine diagrammatische Veranschaulichung einer beispielhaften Konfiguration eines Gaserzeugers des Flugzeugs von Fig. 1 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 3 ist eine diagrammatische Veranschaulichung der Aufteilung der Abgasströmung von dem Gaserzeuger von Fig. 2 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 4 ist eine diagrammatische Veranschaulichung eines Befestigungsmechanismus des Gaserzeugers an dem Flugzeug von Fig. 1 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 5 ist eine diagrammatische Veranschaulichung einer beispielhaften Konfiguration des Schuberzeugers von Fig. 1 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, das den Betrieb des Schuberzeugers von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik veranschaulicht.

Fig. 7 ist eine diagrammatische Veranschaulichung einer Coanda-Profiloberfläche des Schuberzeugers von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 8 ist eine diagrammatische Veranschaulichung von Strömungsprofilen von Luft und Abgasen innerhalb des Schuberzeugers von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 9 ist eine diagrammatische Veranschaulichung der Bildung der Grenzschicht benachbart zu einem Coanda-Profil in dem Schuberzeuger von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 10 ist eine grafische Darstellung beispielhafter Analyseergebnisse für den Antriebswirkungsgrad bestehender Antriebssysteme und jenen eines Antriebssystems mit dem Schuberzeuger von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Fig. 11 ist eine grafische Darstellung beispielhafter Analyseergebnisse für den Schub, der von bestehenden Antriebssystemen bzw. von einem Antriebssystem mit dem Schuberzeuger von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik erzeugt wird.

Fig. 12 veranschaulicht ein beispielhaftes Flugzeug mit an Enden der Flügel des Flugzeugs angeordneten Schuberzeugern in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik.

Detaillierte Beschreibung

[0011] Wie im Folgenden noch detailliert erläutert werden wird, dienen die Ausführungsformen der vorliegenden Technik dazu, den Wirkungsgrad von Antriebssystemen, wie etwa einem von einem Turbostrahltriebwerk angetriebenen Düsenflugzeug, zu verbessern. Insbesondere verwendet die vorliegende Technik die Kombination aus einem Arbeitsfluid und Umgebungsluft, um Schub für den Antrieb des Antriebssystems zu erzeugen, und verbessert dadurch den Wirkungsgrad bzw. verringert den spezifischen Brennstoffverbrauch eines solchen Systems. Nun Bezug nehmend auf die Zeichnungen, und dabei zuerst auf Fig. 1, ist ein Flugzeug 10 mit einer Vielzahl von Schuberzeugern, wie etwa durch Bezugszahl 12 dargestellt, veranschaulicht. Das Flugzeug 10 schliesst einen Flugzeugrahmen 14 und einen an den Flugzeugrahmen 14 gekoppelten Gaserzeuger 16 ein. In diesem Beispiel schliesst der Gaserzeuger 16 ein Strahltriebwerk ein, das so konfiguriert ist, um Abgas zu erzeugen. Wie veranschaulicht schliesst das Flugzeug 10 zwei jeweils an Tragflächen 18 des Flugzeugs angeordnete Strahltriebwerke 16 ein. Es kann jedoch auch eine grössere oder kleinere Anzahl von Gaserzeugern oder Strahltriebwerken 16 zum Antreiben des Flugzeugs 10 und zum Erzeugen des Abgases eingesetzt werden.

[0012] Die Schuberzeuger 12 sind an die Tragflächen 18 gekoppelt bzw. mit diesen integral ausgebildet und so konfiguriert, um das Abgas von dem Gaserzeuger 16 zur Erzeugung von Schub für den Antrieb des Flugzeugs 10 zu empfangen. In diesem Beispiel schliesst das Flugzeug 10 vier Schuberzeuger 12 ein, wobei jeweils zwei der Schuberzeuger 12 an jeder der Tragflächen 18 angeordnet sind. Es kann jedoch auch eine grössere oder eine kleinere Anzahl von Schuberzeugern eingesetzt werden. Es ist anzumerken, dass die Vielzahl von Schuberzeugern 12 für das Flugzeug 10 unterschiedliche Grössen aufweisen kann, die Abgase durch die einzelne Gaserzeuger-Quelle 16 aufnehmen. Des Weiteren kann in bestimmten Beispielen die Vielzahl von Schuberzeugern 12 an einem Rumpf des Flugzeugs 10 angeordnet sein. Jeder der Schuberzeuger 12 ist konfiguriert, um das Abgas von dem Gaserzeuger 16 zu verwenden, um eintretende Luft unter Verwendung eines Coanda-Profils, das im Folgenden noch in grösserem Detail beschrieben wird, zur Erzeugung einer Hochgeschwindigkeitsströmung mitzureissen. Der Begriff «Coanda-Profil» bezieht sich so, wie er hierin verwendet wird, auf ein Profil, das konfiguriert ist, um das Anhaften eines Fluidstroms an eine in der Nähe befindliche Oberfläche zu erleichtern und auch dann haften zu bleiben, wenn die Oberfläche sich von der ursprünglichen Richtung der Fluidbewegung weg krümmt.

[0013] Fig. 2 ist eine diagrammatische Veranschaulichung einer beispielhaften Konfiguration 30 des Gaserzeugers 16 des Flugzeugs 10 von Fig. 1. Die Gasturbine 30 schliesst einen Kompressor 32 ein, der konfiguriert ist, um Umgebungsluft zu komprimieren. Eine Brennkammer 34 steht in Strömungsverbindung mit dem Kompressor 32 und ist so konfiguriert, um komprimierte Luft von dem Kompressor 32 zu empfangen und einen Brennstoffstrom zu verbrennen, um einen aus der Brennkammer austretenden Gasstrom zu erzeugen. Zusätzlich schliesst die Gasturbine 32 eine unterstromig der Brennkammer 34 angeordnete Turbine 36 ein. Die Turbine 36 ist konfiguriert, um den aus der Brennkammer austretenden Gasstrom zu entspannen, um eine externe Last anzutreiben. In dem illustrierten Beispiel wird der Kompressor 32 durch die von der Turbine 36 erzeugte Leistung über eine Welle 38 angetrieben. Des Weiteren wird in herkömmlichen Gasturbinen wie etwa Turbofans ein Hochgeschwindigkeits-Abgasstrahl von der Turbine 36 durch eine Schubdüse 40, die einen der Richtung dieses Strahls entgegengesetzten Nettoschub erzeugt, auf atmosphärischen Druck entspannt.

[0014] In diesem Beispiel erzeugen der Brennstoffstrom und die Luft, sobald sie bei einer gewünschten Temperatur und einem gewünschten Druck in der Brennkammer 34 verbrannt werden, Abgase. Nach der Leistungsentnahme zum Antrieb des Kompressors 32 des Gaserzeugers 30 werden die erzeugten Abgase dann zu den Schuberzeugern 12 geleitet (siehe Fig. 1). Die Schuberzeuger 12 sind konfiguriert, um eine wachsende Grenzschicht zu bilden und eine zusätzliche Luftströmung mitzureissen. In diesem Beispiel wird ein kleiner Teil der mitgerissenen Frischluft an der Wand in einem konvergierenden Bereich des Schuberzeugers 12 über eine kurze Distanz durch schnelles Mitreissen und Mischen mit Abgas schnell mit dem Abgas vermischt, was in einer wachsenden, verdünnten Abgas-/Frischluft-Grenzschicht hoher Energie resultiert. Dies liegt an der Einleitung von Abgas durch mehrere einzelne Schlitze um den Umfang herum, die ein Mitreissen von Frischluft dazwischen ermöglicht. Ausserdem bildet ein weiterer Teil der mitgerissenen Luft eine Scherschicht mit der aus Luft und Abgas gemischten wachsenden Grenzschicht, um die Luft an dem konvergierenden Abschnitt des Schuberzeugers 12 weiter zu beschleunigen und die weitere Mischung der Grenzschicht und der eintretenden Luft zu erleichtern, um die Hochgeschwindigkeits-Luftströmung an einem unterstromigen Abschnitt des Schuberzeugers 12 zu erzeugen. Darüber hinaus erzeugt der unterstromige Abschnitt des Schuberzeugers 12 den Schub aus der Differenz in der Geschwindigkeit zwischen der eingelassenen mitgerissenen Luft und den gemischten Gasen mit hoher Geschwindigkeit. Zusätzlich wird das Mitreissen durch die Wirkung der radialen statischen Druckgradienten verstärkt, die durch Drehen der Antriebsabgase um das Coanda-Profil herum erzeugt werden. In einem Beispiel schliesst der unterstromige Abschnitt einen divergenten Abschnitt ein.

[0015] Die in dem Kern des Schuberzeugers 12 mitgerissene Luft hat daher in einem Start-Zustand des Flugzeugs 10 niedrige Geschwindigkeiten, im Flug jedoch viel höhere Geschwindigkeiten, was das Mitreissen und die Impulsübertragung von den Antriebsabgasen sehr effizient und die Differenz zwischen der Flugzeuggeschwindigkeit und der Geschwindigkeit des austretenden Strahls relativ kleiner macht. Dies ergibt einen höheren Antriebswirkungsgrad für den Schuberzeuger 12. Der oben beschriebene Schuberzeuger 12 erleichtert das Mitreissen von Luft durch die Abgase. In bestimmten Beispielen liegt das Verhältnis der durch den Schuberzeuger 12 mitgerissenen Masse und der Masse der Abgase zwischen etwa 5 bis etwa 15. Der Betrieb des Schuberzeugers 12 wird im Folgenden detailliert beschrieben.

[0016] In bestimmten Beispielen wird ein Teil des Abgases durch die Schubdüse 40 (siehe Fig. 2) entspannt, um Schub zu erzeugen, und der übrige Teil der Abgase wird zu den Schuberzeugern 12 geleitet, um für zusätzlichen Schub zu sorgen. Alternativ ist die Vielzahl von Schuberzeugern 12 konfiguriert, um den gesamten für den Antrieb des Flugzeugs 10 erforderlichen Schub mittels der Abgase von dem Gaserzeuger 30 zu erzeugen.

[0017] Fig. 3 ist eine diagrammatische Veranschaulichung der Aufteilung der Abgasströmung 50 von dem Gaserzeuger 30 von Fig. 2 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik. In diesem Beispiel wird die Abgasströmung 52 von der Turbine 36 (siehe Fig. 2) in die Ströme 56 und 58 aufgeteilt, die an die Vielzahl von Schuberzeugern 12 (siehe Fig. 1) geleitet werden. Des Weiteren werden die unter Druck stehenden Abgasströme 56 und 58 über ein Coanda-Profil eingeleitet, um die Grenzschicht zu bilden und zur Erzeugung von Schub eintretende Luft durch die Grenzschicht mitzureissen.

[0018] Durch Einleiten der Abgasströme 56 und 58 über das Coanda-Profil über einzelne Stellen oder durch Schlitze ergibt sich eine starke Beschleunigung und Richtungsänderung der Ströme 56 und 58, was das Mitreissen von eintretender Luft zwischen diesen einzelnen Strahlen erleichtert. Des Weiteren wird die eintretende Luft beschleunigt und an einem Ausgang des Coanda-Profils bei Drücken nahe am Umgebungsdruck ausgetrieben. In vorteilhafter Weise resultieren das Mitreissen von Luft, die rasche Energie- und Impulsübertragung durch den Schuberzeuger 12 und ein niedriger Druckabfall über den Schuberzeuger 12 in einer verbesserten Schuberzeugung. In bestimmten Beispielen wird die Abgasströmung 52 von dem Gaserzeuger 30 mit einer Temperatur von etwa 650 °C (1200 °F) gedrosselt. Daher hat die Abgasströmung 56 oder 58 an einem Randbereich des Schuberzeugers 12 an einem Einlass des Schuberzeugers 12 Schallgeschwindigkeit oder Überschallgeschwindigkeit und verlangsamt sich in der Folge, während sie sich entspannt und mit der Umgebungsluft vermischt.

[0019] In bestimmten Beispielen können die Abgasströme 56 und 58 von dem Gaserzeuger von Fig. 2 in eine Kammer zur Einleitung der Abgasströme 56 und 58 innerhalb der Schuberzeuger 12 eingeleitet werden. Fig. 4 ist eine diagrammatische Veranschaulichung eines Befestigungsmechanismus 60 des Gaserzeugers 30 von Fig. 2 an dem Flugzeug 10 von Fig. 1 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik. Wie gezeigt, ist der Gaserzeuger 30 mit jeder der Tragflächen 18 (siehe Fig. 1) durch eine Tragflächenverstrebung 62 gekoppelt bzw. mit diesen integral ausgebildet. Der Gaserzeuger 30 ist konfiguriert, um das Abgas 52 zu erzeugen, das an eine Kammer geleitet wird, wie durch Bezugszahl 64 angezeigt

wird. Des Weiteren ist die Kammer konfiguriert, um das Abgas 52 radial in den Schuberzeuger 12 hinein und entlang des Coanda-Profils einzuleiten, wie im Folgenden noch unter Bezugnahme auf die Fig. 5–9 beschrieben wird.

[0020] Fig. 5 ist eine diagrammatische Veranschaulichung einer beispielhaften Konfiguration 70 des Schuberzeugers 12 des Flugzeugs 10 von Fig. 1 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik. Wie gezeigt, schliesst der Schuberzeuger 70 eine Kammer 72 ein, die so konfiguriert ist, um Abgas 64 (siehe Fig. 4) von dem Gaserzeuger 30 (siehe Fig. 4) zu empfangen und das Abgas über ein Coanda-Profil 74, das so konfiguriert ist, um das Anhaften des Abgases 64 an dem Coanda-Profil 74 zu erleichtern, bereitzustellen. In bestimmten Beispielen erhöht die Einleitung von Wärme unter Verwendung eines Brennstoffs in die Kammer 72 die Energie und führt dazu, dass das Abgas 64 mehr Luft mitreisst oder die Luft auf höhere Geschwindigkeiten beschleunigt. In diesem Beispiel ist die Kammer 72 ringförmig um eine Haube des Schuberzeugers 70 angeordnet. In bestimmten Beispielen kann die Kammer 72 in eine Vielzahl von Kammern unterteilt werden, die Segmente von Abgasschlitzen beliefern. In einem Beispiel schliesst das Coanda-Profil 74 ein logarithmisches Profil ein. Im Betrieb wird ein unter Druck stehender Strom des Abgases 64 von der Kammer 72 entlang des Coanda-Profils 74, wie durch die Bezugszahl 76 dargestellt, eingeleitet. Des Weiteren schliesst der Schuberzeuger 70 einen Lufteinlass 78 zum Einleiten der Luftströmung 80 in den Schuberzeuger 70 ein.

[0021] Während des Betriebs reisst das unter Druck stehende Abgas 76 die Luftströmung 80 mit, um eine Hochgeschwindigkeits-Luftströmung 82 zu erzeugen. Insbesondere erleichtert das Coanda-Profil 74 das relativ schnelle Mischen des unter Druck stehenden Abgases 76 mit der mitgerissenen Luftströmung 80 und erzeugt die Hochgeschwindigkeits-Luftströmung 82 durch Übertragen der Energie und des Impulses von dem unter Druck stehenden Abgas 76 auf die Luftströmung 80. In diesem Beispiel erleichtert das Coanda-Profil 74 das Anhaften des unter Druck stehenden Abgases 76 an dem Coanda-Profil 74 bis zu einem Punkt, an dem die Geschwindigkeit des Stroms auf einen Bruchteil der ursprünglichen Geschwindigkeit fällt, während Impuls und Energie an die Luftströmung 80 übertragen werden. Es ist anzumerken, dass die Konstruktion des Schuberzeugers 70 so ausgewählt ist, dass sie die Beschleunigung der eintretenden Luftströmung 80 erleichtert, die von einem Umgebungszustand zu dem Auslass des Schuberzeugers 70 strömt, wodurch der von dem Schuberzeuger 70 erzeugte Schub maximiert wird. Des Weiteren kann die Hochgeschwindigkeits-Luftströmung 80 eingesetzt werden, um Schub für den Antrieb des Flugzeugs 10 zu erzeugen.

[0022] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, das den Betrieb des Schuberzeugers 70 von Fig. 5 veranschaulicht. Wie gezeigt, ist die Kammer 72 so konfiguriert, um das Abgas 64 von dem Gaserzeuger 30 zu empfangen. Das Abgas 64 von der Kammer 72 wird in einen Mitreissabschnitt 84 des Schuberzeugers 70 eingeleitet. Wie oben beschrieben, schliesst der Mitreissabschnitt 84 das Coanda-Profil 74 zum Mitreissen von Luft 80 zur Erzeugung gemischter Gase (Luft und Abgase) 82 mit hohen Verhältnissen und hohen Geschwindigkeiten ein. Dieser Hochgeschwindigkeitsstrom 82 wird dann zur Erzeugung von Schub 88 aus dem Hochgeschwindigkeitsstrom 82 zu einem Schuberzeugungsabschnitt 86 des Schuberzeugers 70 geleitet.

[0023] In vorteilhafter Weise kann durch Verwendung des Schuberzeugers 70 die Mitreissrate von Luft 80 weiter erhöht werden, als dies mit den gegenwärtigen Kapazitäten von Bläsern oder ohne die Verwendung von Bläsern oder anderer beweglicher Teile in dem Flugzeug 10 (siehe Fig. 1) möglich ist, deren Vergrösserung sehr schwierig ist und in hoher Komplexität und Masse resultiert. Es ist anzumerken, dass der von dem Schuberzeuger 70 erzeugte Schub 88 von der Masse und Energie des Strahls 82 abhängt. In dem veranschaulichten Beispiel erleichtert die hohe Mitreissrate und die schnelle Impulsübertragung durch den Schuberzeuger 70 die Erzeugung des gewünschten Schubs 88 aus dem Hochgeschwindigkeitsstrahl 82. Ausserdem hat der vorstehend beschriebene Schuberzeuger 70 keinen Hochwiderstandskern zugeordnet, so dass das eintretende Volumen an Frischluft 80, das sich zu dem Kern des Schuberzeugers 70 hin bewegt, mit der Flugzeuggeschwindigkeit durchläuft und nur geringfügig beschleunigt wird. Die hohe Mitreissrate zusammen mit dem Wert der Geschwindigkeit beim Verlassen des Schuberzeugers 70 liegt sehr nahe an jener des Flugzeugs 10, was in einem sehr hohen Antriebswirkungsgrad resultiert. In vorteilhafter Weise wird der Schub 88 durch den Schuberzeuger 70 hoch gehalten, doch die Schuberzeuger-Austrittsgeschwindigkeit wird verwendet, um einen niedrigeren Schub als in vergleichbaren Turbofan-Triebwerken zu erreichen, was in einem höheren Antriebswirkungsgrad resultiert. Parallel dazu ist auch das effektive Bypass-Verhältnis der vorgeschlagenen Gaserzeuger- und Schuberzeuger-Anordnungen höher als jenes, das unter Verwendung herkömmlicher Turbofan-Technologie erzielt werden kann.

[0024] Fig. 7 ist eine diagrammatische Veranschaulichung einer Coanda-Profiloberfläche des Schuberzeugers 70 von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik. Wie gezeigt, werden die Abgase 76 von der Kammer 72 in den Schuberzeuger 70 und entlang des Coanda-Profils 74 geleitet. In einem Beispiel ist ein Druckverstärker (nicht dargestellt) an die Kammer 72 gekoppelt und so konfiguriert, um einen Druck der Abgase 76 in der Kammer 72 zu erhöhen. In einem Beispiel schliesst der Druckverstärker eine Pumpe ein. In bestimmten Beispielen kann der Schuberzeuger 70 in einem gedrosselten Zustand betrieben werden, um den Wirkungsgrad des Schuberzeugers 70 zu erhöhen. Des Weiteren ist der Schuberzeuger 70 in bestimmten Betriebs zuständen des Flugzeugs 10, wie etwa während eines Start-Zustands, so konfiguriert, um den Schub durch Erhöhung des Drucks der Abgase in der Kammer 72 entweder von dem Gaserzeuger 30 her oder durch Verwendung des Druckverstärkers in der Kammer 72 zu verstärken. Das Coanda-Profil 74 erleichtert das Anhaften der Abgase 76 an dem Profil, um durch Einleitung an mehreren Stellen entlang des Umfangs eine Grenzschicht zu bilden, und reisst zwischen diesen Stellen die eintretende Luftströmung 80 mit, um die Hochgeschwindigkeits-Luftströmung 82 zu erzeugen. Insbesondere bildet die durch den Lufteinlass 78 (siehe Fig. 5) zugeführte Luft 80 eine Scherschicht mit der Grenzschicht, um die Luftströmung 80 an einem konvergierenden Abschnitt des Schuberzeugers 70

zu beschleunigen und die Mischung der Grenzschicht und der eintretenden Luftströmung 80 zur Erzeugung der Hochgeschwindigkeits-Luftströmung 82 an einem Austrittsabschnitt des Schuberzeugers 70 zu fördern. Die Bildung der Grenz- und Scherschichten zur Erzeugung der Hochgeschwindigkeits-Luftströmung 82 wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Fig. 8 bis 9 im Detail beschrieben.

[0025] Die Abgase 76 werden über eine Vielzahl von individuell verteilten Schlitzen 92 radial in die Achse des Schuberzeugers 70 und entlang des Coanda-Profils 74 eingeleitet, das eine Krümmung 94 zur Maximierung des Mitreissens durch die Kombination aus Scherung und radialem Druckgradient verwendet, während es gleichzeitig sicherstellt, dass die Grenzschicht an der Wand des Schuberzeugers haften bleibt. Als Ergebnis haftet an einem Verengungsbereich 96 des Coanda-Profils 84 die Strömung noch immer an und weist die Grenzschicht einen relativ grossen Impuls mit einer maximalen Geschwindigkeit von etwa 0,8 Mal der ursprünglichen Einspritz-Geschwindigkeit auf. Es ist anzumerken, dass die Reduktion in der anfänglichen Geschwindigkeit der Abgase 76 durch das Mitreissen der langsameren Luftströmung 80 und die Impuls- und Energieübertragung auf die mitgerissene Luftströmung 80 sowie durch gewisse Reibungsverluste an den Wänden begründet ist. Darüber hinaus erzeugt das Abgas 76 mit hoher Geschwindigkeit aus der Kammer 72 eine Niederdruckzone auf Grund der Krümmung der Antriebsströmung entlang des Coanda-Profils, welche das Mitreissen der Luft unterstützt.

[0026] Fig. 8 ist eine diagrammatische Veranschaulichung von Strömungsprofilen 100 von Luft und Abgasen innerhalb des Schuberzeugers 70 von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik. Wie gezeigt werden die Abgase 102 in das Innere des Schuberzeugers 70 (siehe Fig. 5) und über ein Coanda-Profil 104 geleitet. In dem illustrierten Beispiel werden die Abgase 102 in den Schuberzeuger 70 mit einer im Wesentlichen hohen Geschwindigkeit und einem im Wesentlichen hohen Druck durch einzelne Schlitze 92 (siehe Fig. 7) eingeleitet. Im Betrieb erleichtert das Coanda-Profil 104 das Anhaften der Abgase 102 an dem Profil 104, um eine Grenzschicht 106, die mitreisst und wächst und das Mischen der Abgase 102 mit einem Teil der Luft 108 erleichtert. In diesen Beispielen sind die Geometrie und die Dimensionen des Profils 104 optimiert, um einen gewünschten Schub zu erzielen. Des Weiteren wird ein Teil des Stroms eintretender Luft 108 durch die wachsende, durchmischte Grenzschicht 106 mitgerissen, um eine Scherschicht 110 mit der Grenzschicht 106 zu bilden. Es ist anzumerken, dass das Mitreissen der Umgebungsluft 108 durch einen radialen statischen Druckgradienten, der durch die Krümmung der Stromlinien um das Coanda-Profil 104 herum erhalten wird, verstärkt wird. Des Weiteren wirkt der radiale Druckgradient, der dem Strom auferlegt wird, mit dem Scheren an der Grenzschicht 106 zusammen, um das Mitreissen zu erhöhen. Somit erleichtert die durch das Wachstum und die Mischung der Hochenergie-Grenzschicht 106 mit der mitgerissenen Luftströmung 108 gebildete Scherschicht 110 die Bildung einer schnellen und gleichmässigen Mischung innerhalb des Schuberzeugers 70. Das Anhaften von Abgasen 102 an dem Coanda-Profil 104 auf Grund des Coanda-Effekts in dem Schuberzeuger 70 wird im Folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 9 im Detail beschrieben.

[0027] Fig. 9 ist eine diagrammatische Veranschaulichung der Bildung der Grenzschicht 106 benachbart zu dem Profil 104 in dem Schuberzeuger 70 von Fig. 5, basierend auf dem Coanda-Effekt. In dem illustrierten Beispiel haften die Abgase 102 an dem Profil 104 und bleiben auch dann haften, wenn die Oberfläche des Profils 104 sich von der ursprünglichen Brennstoffströmungsrichtung weg krümmt. Insbesondere herrscht eine Druckdifferenz über die Strömung, welche die Abgase 102 näher an die Oberfläche des Profils 104 heran lenkt, wenn die Abgase 102 sich verlangsamen. Wie dem Fachmann klar sein wird, tritt ein gewisses Ausmass an Membranreibung zwischen den Abgasen 102 und dem Profil 104 auf, wenn sich die Abgase 102 über das Profil 104 hinweg bewegen. Dieser Widerstand gegen die Strömung 102 lenkt die Abgase 102 zu dem Profil 104 hin und veranlasst diese, an dem Profil 104 zu haften. Des Weiteren reisst die durch diesen Mechanismus gebildete Grenzschicht 106 die eintretende Luftströmung 108 mit, um eine Scherschicht 110 mit der Grenzschicht 106 zu bilden, um das Mitreissen und Mischen der Luftströmung 108 und der Abgase 102 zu fördern. Darüber hinaus erzeugt die durch das Ablösen und Mischen der Grenzschicht 106 mit der mitgerissenen Luft 108 gebildete Scherschicht 110 eine Hochgeschwindigkeits-Luftströmung 112, die zur Verbesserung des Wirkungsgrades eines Antriebssystems durch Erzeugung von Schub eingesetzt wird. Es ist anzumerken, dass der Strom 108 eine verringerte Geschwindigkeit aufweist und die Mitreissrate hoch ist, wenn das Flugzeug 10 (siehe Fig. 1) abhebt. Des Weiteren wird die Geschwindigkeit der Luftströmung 108 höher, und die Mitreissrate bleibt ebenso hoch, während sich das Flugzeug 10 im Flug befindet. Somit wird die Impuls- und Energieübertragung von dem Abgas 102 durch die eintretende Luftströmung 108 erleichtert, und auf Grund der geringeren Differenz zwischen der Geschwindigkeit des den Schuberzeuger 70 verlassenden Strahls und der Geschwindigkeit des Flugzeugs ergibt sich ein höherer Antriebswirkungsgrad.

[0028] Fig. 10 ist eine grafische Darstellung beispielhafter Analyseergebnisse 120 für den Antriebswirkungsgrad bestehender Antriebssysteme und jenen eines Antriebssystems mit dem Schuberzeuger 70 von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik. Die Abszissenachse 122 stellt eine in Knoten gemessene Flugzeuggeschwindigkeit dar, und die Ordinatenachse 124 stellt den Antriebswirkungsgrad dar. In diesem Beispiel stellen die Graphen 126 und 128 Antriebswirkungsgrade bestehender auf Turbofan und auf Turboprops basierender Antriebssysteme dar. Des Weiteren stellen die Graphen 130 und 132 Antriebswirkungsgrade von Antriebssystemen mit den Schuberzeugern 70 bei Druckverhältnissen von jeweils etwa 1,38 bar (20 psig) und 2,41 bar (35 psig) dar. Wie ersichtlich, sind die Antriebswirkungsgrade von Antriebssystemen mit den Schuberzeugern 70 im Wesentlichen höher als die Antriebswirkungsgrade bestehender Turbofan- und Turboprop-basierter Antriebssysteme. Des Weiteren ist der Antriebswirkungsgrad des Antriebssystems mit dem Schuberzeuger 70 bei einem Druckverhältnis von 1,38 bar (20 psig) relativ höher als jener des Antriebssystems mit dem Schuberzeuger 70 bei einem Druckverhältnis von 2,41 bar (35 psig). Wie dem Fachmann klar sein wird, kann

eine Vielzahl von Parametern, wie etwa die Geometrie des Coanda-Profils, die Druckverhältnisse, der Druck des Abgases usw., eingestellt werden, um einen gewünschten Antriebswirkungsgrad zu erreichen. Des Weiteren können ausgewählte Parameter auch eine Architektur und Konstruktion des Gaserzeugers bestimmen, der als Turbofan-Triebwerk mit einem niedrigen Bypass-Verhältnis und einem hohen Druckverhältnis konfiguriert sein kann, um zu erlauben, dass der Abgasströmungs-Druckparameter von den Gasturbinen-Kernzyklus-Austrittsbedingungen unabhängig gemacht wird.

[0029] Fig. 11 ist eine grafische Darstellung beispielhafter Analyseergebnisse 140 für den Schub, der von bestehenden Turbofan-basierten Antriebssystemen bzw. von einem Antriebssystem mit dem Schuberzeuger 70 von Fig. 5 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik erzeugt wird. Die Abszissenachse 142 stellt die Strömungsrate *2,2 kg/s (lbm/sek) dar, und die Ordinatenachse 144 stellt den Gesamtschub *4,44 N (lbs) dar. In diesem Beispiel stellen die Graphen 146 und 148 die Schübe bestehender, Turbofan-basierter Antriebssysteme mit Bypass-Verhältnissen von etwa 9 bei einem Bläser-Druckverhältnis von 1,5 bzw. einem Bypass-Verhältnis von etwa 5 bei einem Bläser-Druckverhältnis von 1,8 dar. Des Weiteren stellen die Graphen 150 bzw. 152 den erzeugten Schub von Antriebssystemen mit den Schuberzeugern 70 bei Mitreissraten von etwa 6 bzw. 9 dar. Wie ersichtlich sind die Antriebssysteme mit den Schuberzeugern in der Lage, Schübe zum Antrieb des Antriebssystems zu erzeugen, und basierend auf der Konstruktion und der Anzahl der Schuberzeuger ist der erzeugte Schub vergleichbar mit jenem bestehender Turbofan-basierter Antriebssysteme. Wieder kann eine Vielzahl von Parametern, wie etwa die Luftmitreissrate, optimiert werden, um den gewünschten Wirkungsgrad solcher Systeme zu erzielen.

[0030] Der vorstehend beschriebene Schuberzeuger 70 verwendet die Kombination aus einem Arbeitsfluid und Umgebungsluft, um Schub für den Antrieb des Antriebssystems zu erzeugen, und verbessert dadurch den Wirkungsgrad und den spezifischen Brennstoffverbrauch eines solchen Systems. In bestimmten Beispielen erleichtert der Schuberzeuger 70 Kurzstrecken-Starts und -Landungen (STOL oder Short Take-off and Landing) bzw. Senkrecht-Starts und -Landungen (VTOL oder Vertical Take-off and Landing) des Flugzeugs 10 (siehe Fig. 1). Fig. 12 veranschaulicht ein beispielhaftes Flugzeug 160 mit an den Enden der Tragflächen 18 des Flugzeugs 160 angeordneten Schuberzeugern 162. In diesem Beispiel erleichtert der aus den Schuberzeugern 162 austretende Hochgeschwindigkeitsstrahl 82 das vertikale Abheben des Flugzeugs 160 während eines Senkrecht-Start- und -Lande-Betriebszustandes (VTOL). In bestimmten Beispielen können die Schuberzeuger 162 ihre Orientierung im Flug über Steuerungen ändern, um die Start- und Landedistanzen durch Drehung der Schuberzeuger 162 zu verkürzen. Da der Schuberzeuger 162 mehrere Freiheitsgrade aufweist, kann der Schuberzeuger 162 in vorteilhafter Weise eingesetzt werden, um eine Lage des Flugzeugs 10 im Flug oder während eines Schwebezustands des Flugzeugs 10 einzustellen.

[0031] Die verschiedenen Aspekte des hierin beschriebenen Verfahrens sind nützlich zur Verbesserung des Wirkungsgrads unterschiedlicher Antriebssysteme, wie etwa Flugzeuge, Unterwasser-Antriebssysteme sowie Raketen und Flugkörper. Die vorstehend beschriebene Technik verwendet einen Schuberzeuger, der in bestehende Antriebssysteme integriert werden kann und ein Antriebsfluid, wie etwa Abgase von einem Gaserzeuger, einsetzt, um eine sekundäre Fluidströmung zur Erzeugung einer Hochgeschwindigkeits-Luftströmung mitzureissen. Insbesondere verwendet der Schuberzeuger den Coanda-Effekt, um die Hochgeschwindigkeits-Luftströmung zu erzeugen, die des Weiteren zur Erzeugung von Schub verwendet werden kann, wodurch der Wirkungsgrad solcher Systeme verbessert wird. In vorteilhafter Weise beseitigt die Schuberzeugung unter Verwendung solcher Schuberzeuger die Notwendigkeit beweglicher Teile wie etwa Bläser in bestehenden Turbofan-basierten Antriebssystemen, wodurch die Betriebskosten solcher Systeme wesentlich verringert werden. Des Weiteren erleichtern die Schuberzeuger den Betrieb mit gedrosseltem Zustand in mehr als einer Stellung, wodurch der Wirkungsgrad solcher Systeme insbesondere in Betriebszuständen wie Kurzstrecken-Starts oder -Landungen (STOL) und Senkrecht-Starts oder -Landungen (VTOL) verbessert wird.

[0032] Während nur bestimmte Merkmale der Erfindung hierin veranschaulicht und beschrieben wurden, werden für den Fachmann viele Abwandlungen und Abänderungen naheliegen. Daher ist klar, dass die folgenden Ansprüche alle derartigen Abwandlungen und Abänderungen, die zum Wesen der Erfindung gehören, abdecken sollen.

Patentansprüche

1. Schuberzeuger (12) umfassend:
   einen Lufteinlass (78), der konfiguriert ist, um Luft (80) in den Schuberzeuger (12) einzuleiten;
   eine Kammer (72), die so konfiguriert ist, um Abgas (64) von einem Gaserzeuger (30) zu empfangen und das Abgas (64) über ein Coanda-Profil (74) bereitzustellen, wobei das Coanda-Profil (74) so konfiguriert ist, um das Anhaften des Abgases (64) an dem Coanda-Profil (74) zu erleichtern, um eine Grenzschicht (106) zu bilden und eintretende Luft (80) aus dem Lufteinlass (78) zur Erzeugung von Schub mitzureissen.
2. Schuberzeuger (12) nach Anspruch 1, derart ausgebildet dass er geeignet ist, das Abgas eines Flugzeugtriebwerks zu empfangen.
3. Schuberzeuger (12) nach Anspruch 1 oder 2, des Weiteren umfassend einen Druckverstärker, der konfiguriert ist, um einen Druck des Abgases (64) in der Kammer (72) zu erhöhen.
4. Schuberzeuger (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Coanda-Profil (74) ein logarithmisches Profil umfasst.

5. Schuberzeuger (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Kammer (72) konfiguriert ist, um das Abgas (52) radial in den Schuberzeuger (12) hinein und entlang des Coanda-Profils (74) einzuleiten.

6. Flugzeug (10) umfassend:
einen Flugzeugrahmen (14);
einen an den Flugzeugrahmen (14) gekoppelten Gaserzeuger (30), der so konfiguriert ist, um Abgas (64) zu erzeugen; und
eine Vielzahl von an den Flugzeugrahmen (14) gekoppelten Schuberzeugern (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die so konfiguriert sind, um das Abgas (64) von dem Gaserzeuger (30) zu empfangen und Schub für den Antrieb des Flugzeugs (10) zu erzeugen, wobei jeder der Vielzahl von Schuberzeugern (12) zumindest eine Oberfläche des Schuberzeugers (12) mit einem Coanda-Profil (74) umfasst, das so konfiguriert ist, um das Anhaften des Abgases (64) an dem Coanda-Profil (74) zu erleichtern, um eine Grenzschicht (106) zu bilden und eintretende Luft (80) von einem Lufteinlass (78) mitzureissen, um einen Luftstrom zu erzeugen.

7. Flugzeug nach Anspruch 6, bei welchem der Gaserzeuger (30) umfasst:
einen Kompressor (32), welcher konfiguriert ist, Umgebungsluft zu komprimieren;
eine Brennkammer (34), welche in Strömungsverbindung mit dem Kompressor (32) steht und so konfiguriert ist, um komprimierte Luft von dem Kompressor (32) zu empfangen und einen Brennstoffstrom zu verbrennen, um das Abgas (64) zu erzeugen; und
eine Turbine (36), welche unterstromig der Brennkammer (34) angeordnet ist und konfiguriert ist, das Abgas (64) zu entspannen.

8. Verfahren zur Erzeugung von Schub, umfassend:
das Einleiten von Abgas von einem Gaserzeuger (30) über ein Coanda-Profil (74) eines Schuberzeugers (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, um eine Grenzschicht (106) zu bilden; und
das Mitreissen von Luft durch die Grenzschicht (106), um aus einer Impulsdifferenz zwischen Einlass- und Auslassströmen der Luftströmung Schub zu erzeugen.

9. Verfahren zur Verbesserung des Antriebswirkungsgrades eines Flugzeugs (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 7, umfassend:
das Koppeln zumindest eines Schuberzeugers (12) an einen Gaserzeuger (30) des Flugzeugs (10), wobei der zumindest eine Schuberzeuger (12) konfiguriert ist, um durch Ablenken von Abgas (64) von dem Gaserzeuger (30) über ein Coanda-Profil (74) zur Bildung einer Grenzschicht (106) und folgendes Mitreissen von eintretender Luft durch die Grenzschicht (106) Schub zu erzeugen.

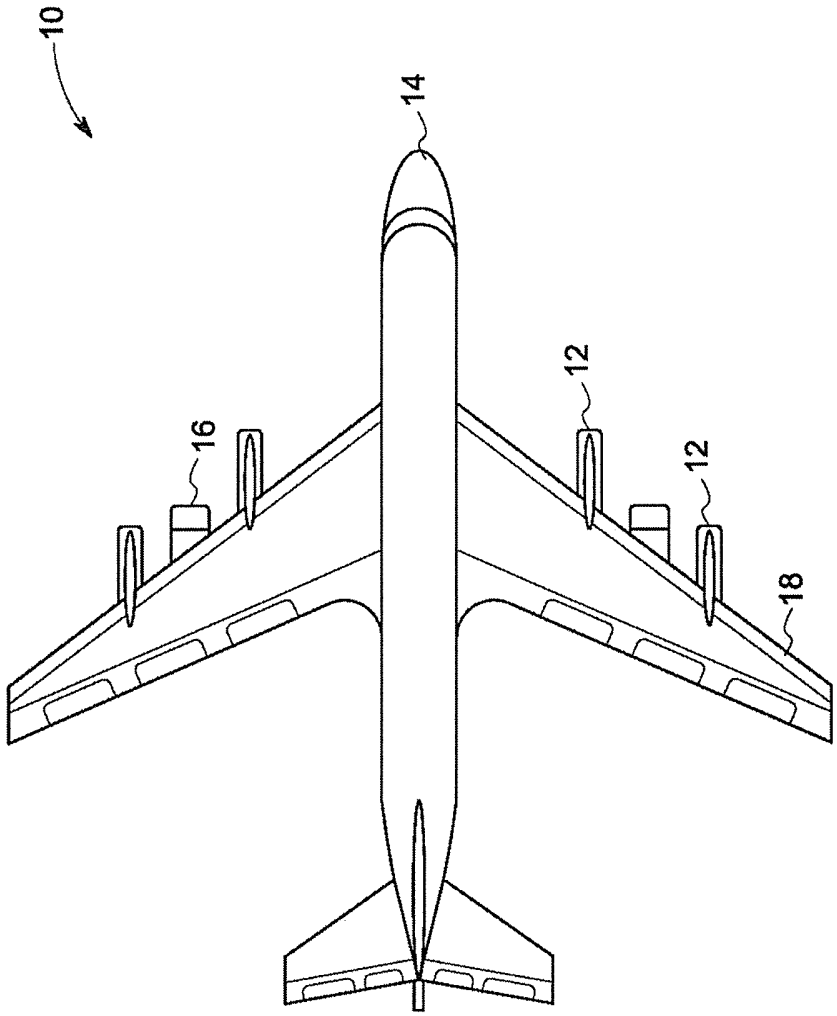


FIG. 1

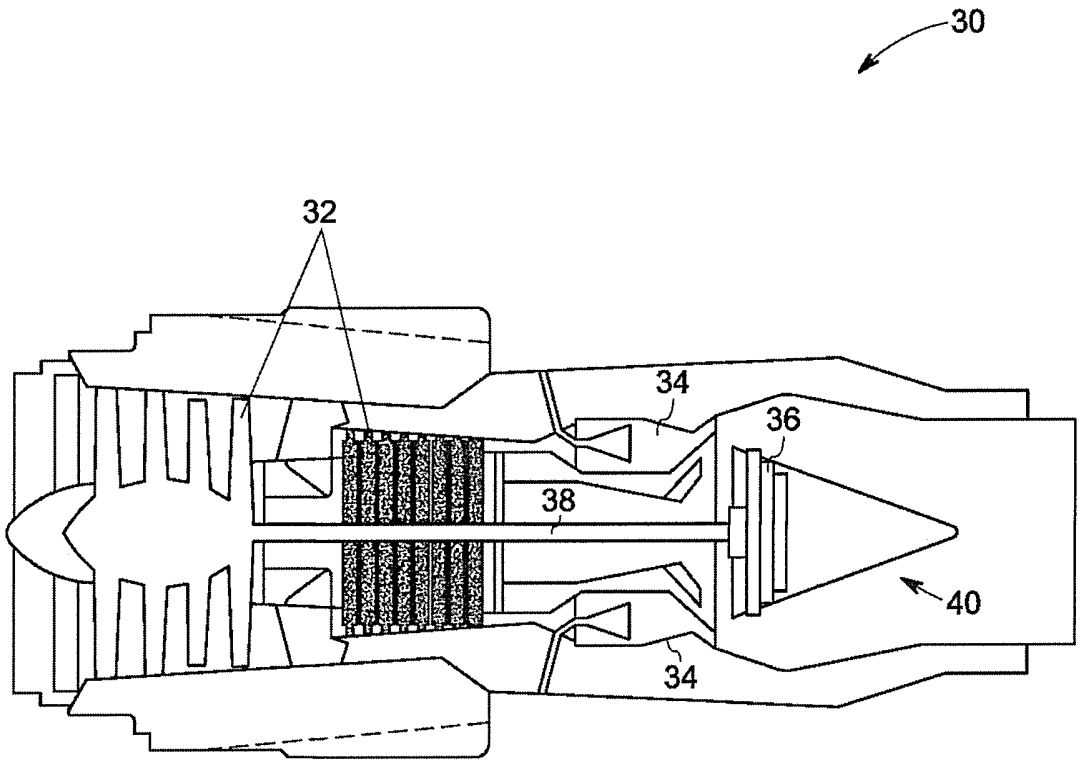


FIG. 2

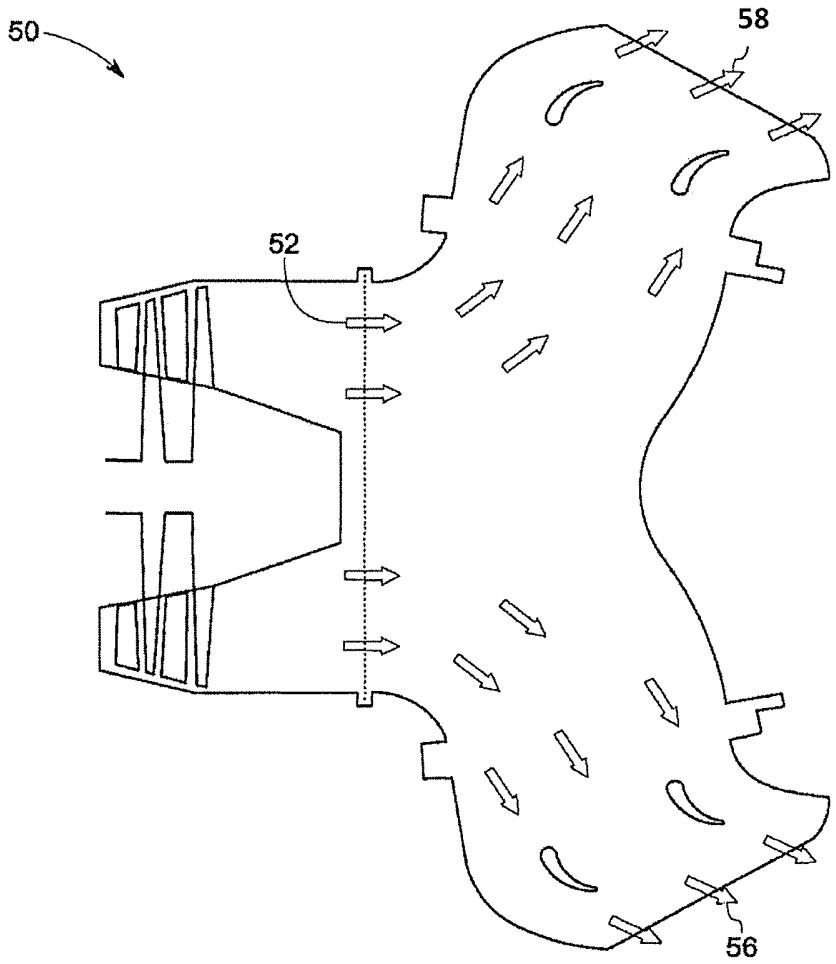


FIG. 3

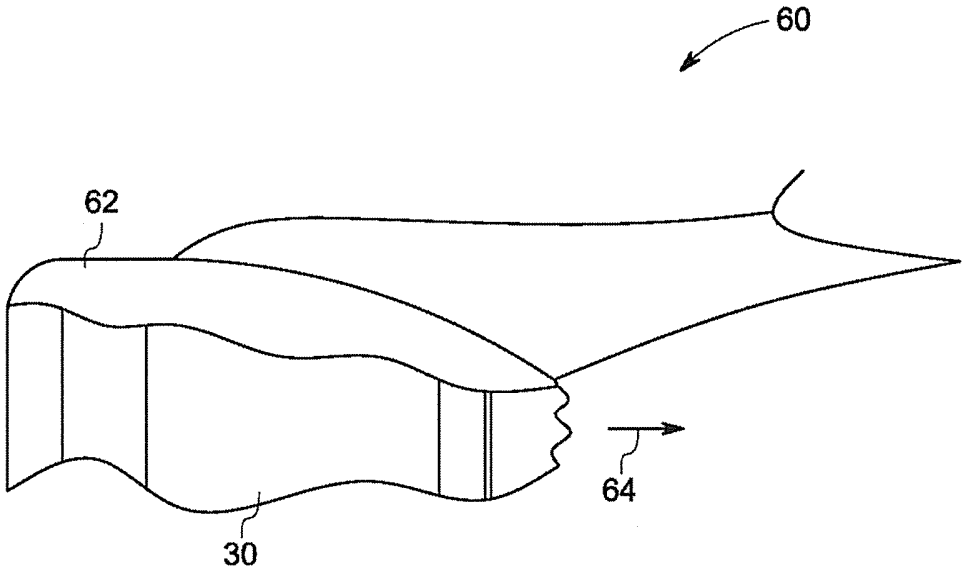


FIG. 4

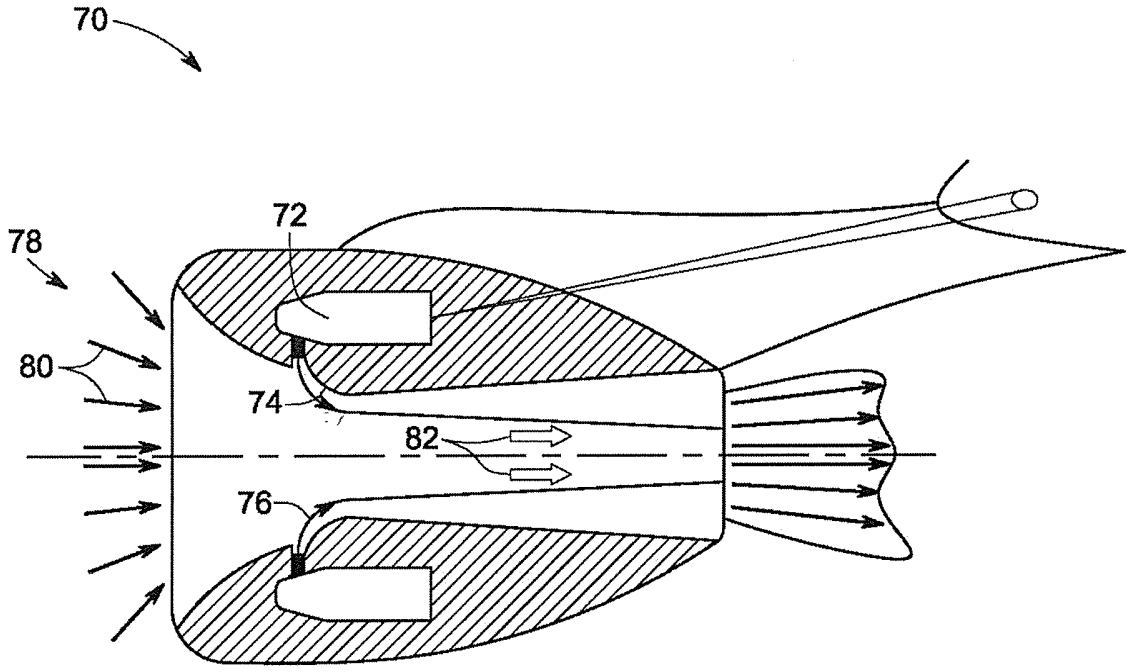


FIG. 5

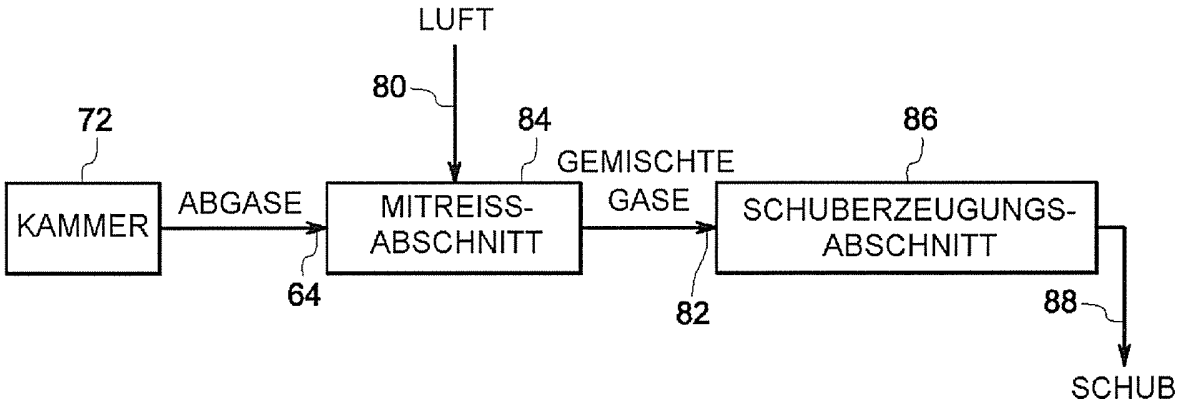

LUFT
80
72
84
86
GEMISCHTE
KAMMER
ABGASE
MITREISS-
ABSCHNITT
GASE
SCHUBERZEUGUNGS-
ABSCHNITT
64
82
88
SCHUB

FIG. 6

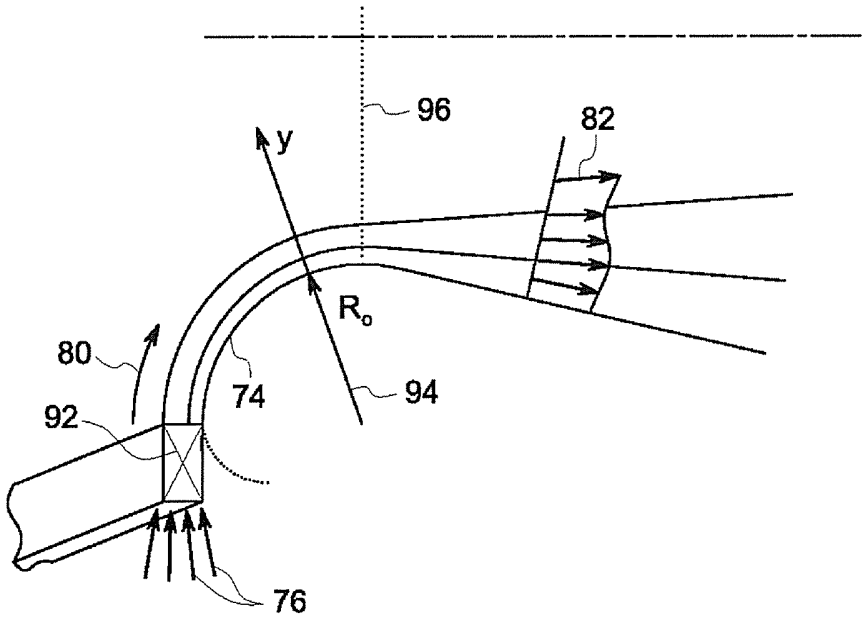

96
82
y
R_o
80
74
94
92
76

FIG. 7

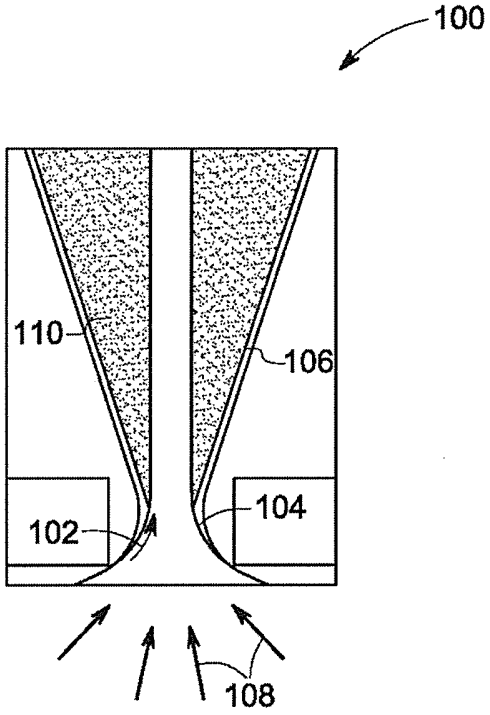


FIG. 8

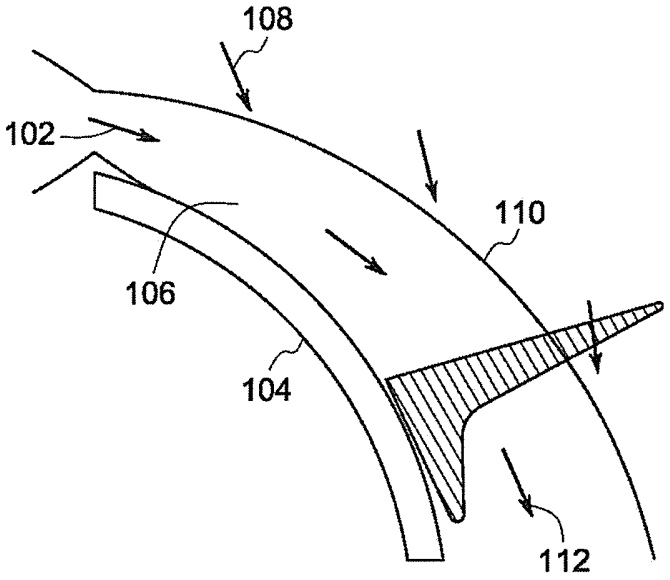


FIG. 9

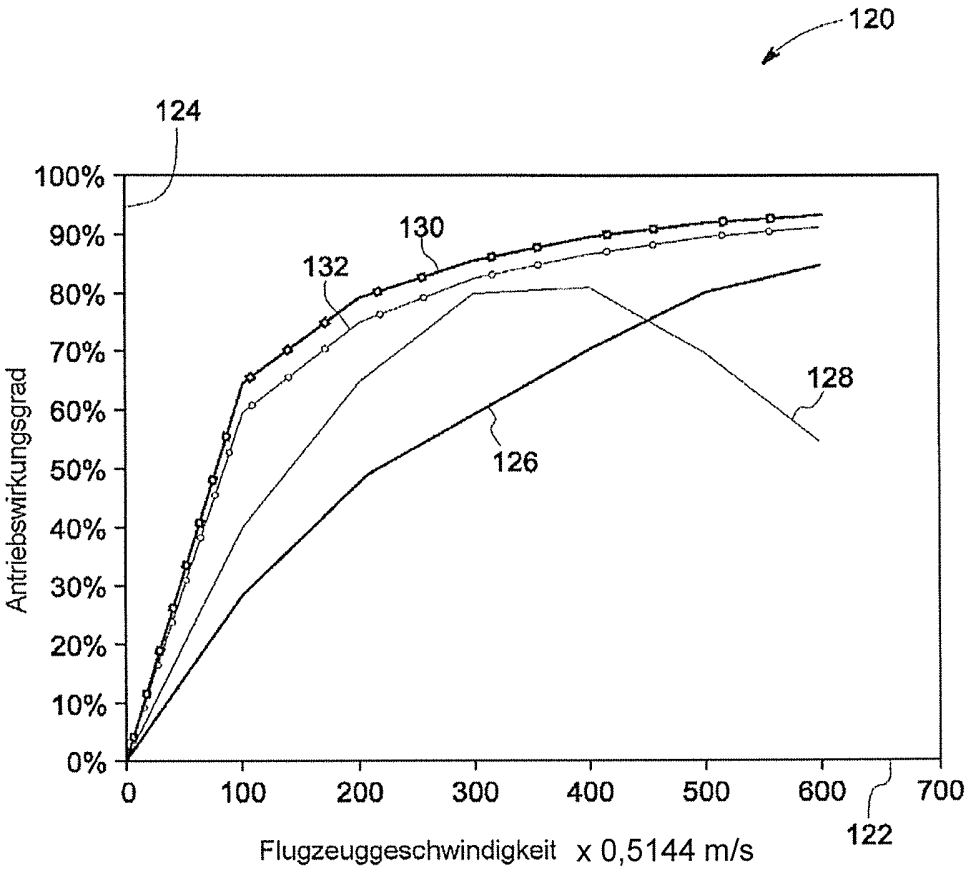

120
124
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Antriebswirkungsgrad
130
132
128
126
0
100
200
300
400
500
600
700
122
Flugzeuggeschwindigkeit x 0,5144 m/s

FIG. 10

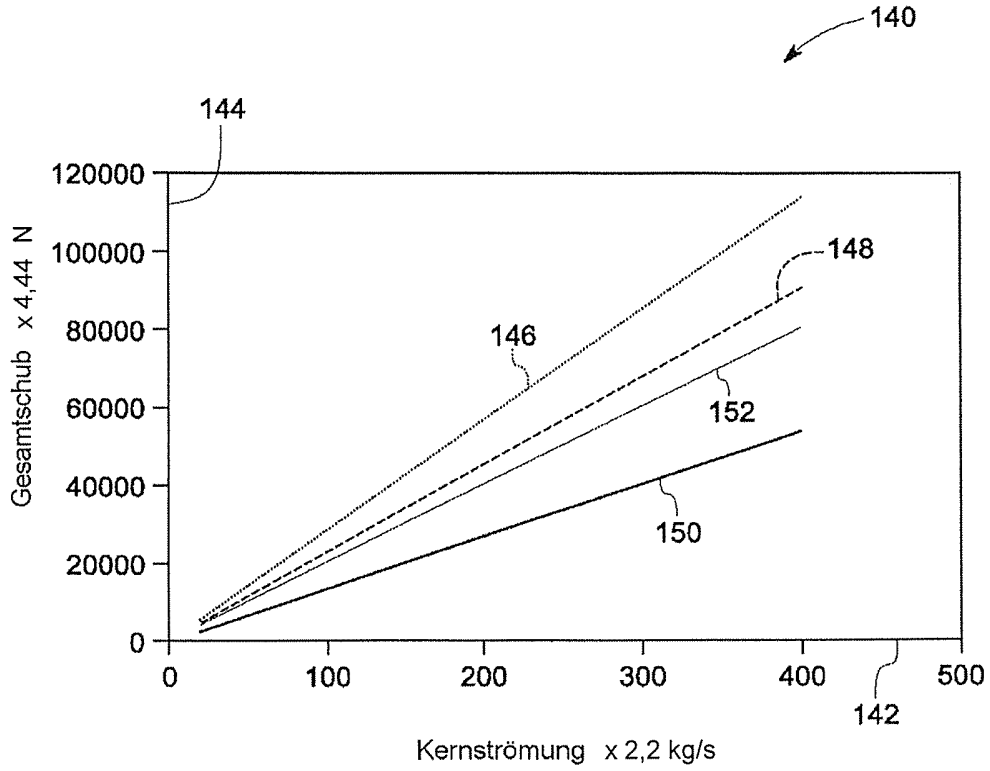

140
144
120000
100000
80000
60000
40000
20000
0
Gesamtschub x 4,44 N
148
146
152
150
0
100
200
300
400
500
142
Kernströmung x 2,2 kg/s

FIG. 11

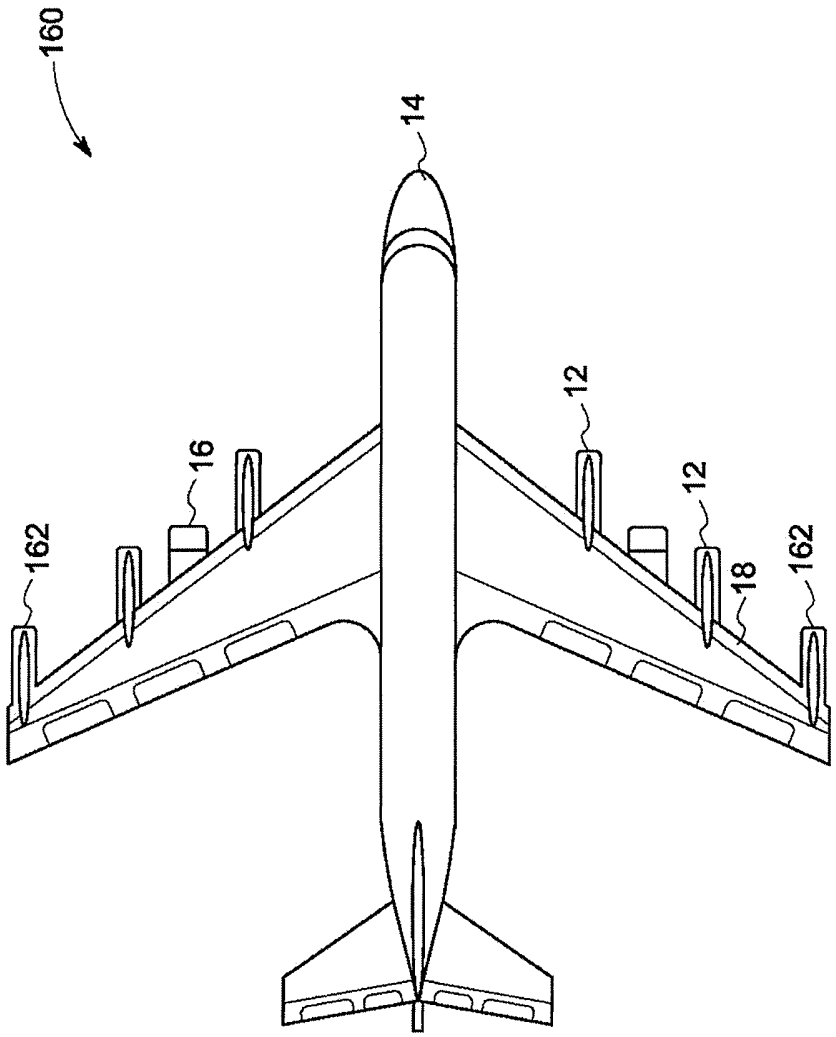


FIG. 12