



(12) PATENT

(19) NO

(11) 338996

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

F02C 9/22 (2006.01)

F01D 17/16 (2006.01)

F02C 7/057 (2006.01)

F01D 7/00 (2006.01)

F02C 9/28 (2006.01)

F23N 5/02 (2006.01)

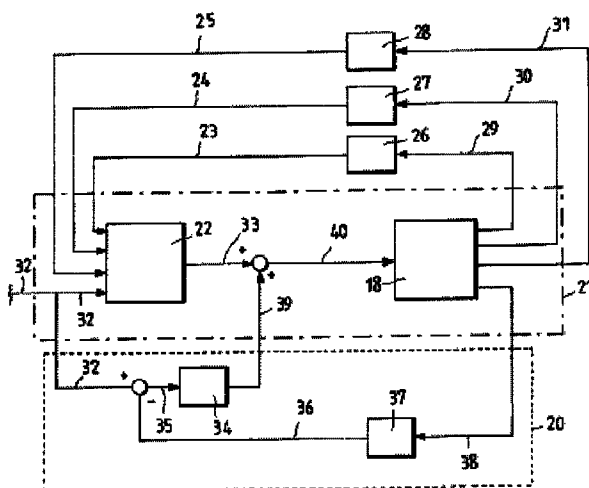
F23N 5/18 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20032557	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2003.06.05	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2003.06.05	(30)	Prioritet	2002.06.06, IT, MI02A001231
(41)	Alm.tilgj	2003.12.08			
(45)	Meddelt	2016.11.07			
(73)	Innehaver	Nuovo Pignone Holding SpA, Via Felice Matteucci, 2, IT-50127 FIRENZE, Italia			
(72)	Oppfinner	Stefano Groppi, Piazza del Popolo, 27, IT-51015 MOSUMMANO TERME, Italia			
		Andrea Casoni, Via dell'Arcoiaio, 5, IT-50137 FIRENZE, Italia			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 1570 Vika, 0118 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	System for styring og regulering av flammtemperaturen for enkeltakselgassturbiner			
(56)	Anførte publikasjoner	US 5986736 A US 6164057 A US 3866109 A JP 05026057 A US 4258545 A			
(57)	Sammendrag				

For å begrense flammtemperaturtopper som følger plutselige lastvariasjoner er det tilveiebrakt tilsvarende styring av posisjonen av bladene av fordeleren med variabel geometri, i en enakslet gassturbine (18). Det foreslåtte styresystem omfatter særlig en regulator (21) med direkte virkning som består av en beregningsenhet (22), som fullfører den forenklede kjøremodell for gassturbinen (18), og en tilbakekoplingsregulator (20) som gjør det mulig å gjenopprette alle unøyaktigheter fra regulatoren (21) med direkte virkning, forårsaket av variasjoner i ytelsen av turbinen (18), i forhold til de som er beregnet av modellen, eller forårsaket av utformingsfeil.



Oppfinnelsen angår et system for styring og regulering av flammemetemperaturen for enakslede gassturbiner.

Det er kjent at gassturbiner er maskiner som omfatter en sentrifugalkompressor med ett eller flere trinn, valgfritt formontert med et transonisk aksialtrinn (for turbiner med et lavt drivnivå), et flertrinns aksialtrinn (for turbiner med et middels og høyt drivnivå), eller et kombinert trinn med noen aksialtrinn fulgt av et sentrifugaltrinn (for maskiner med et middels drivnivå).

Særlig ved enakslede turbiner er alle hoveddeler av kompressoren og av turbinutvidelsen tilpasset på den samme aksel, som også er den for brukermaskinen.

Brennstoffet i væskeform eller gassform blir innsprøytet inne i forbrenningskammeret ved hjelp av en injektor, og i lys av behovet for å få gassene ved utløpet av kammeret med en temperatur som er i det vesentlige lavere den som svarer til forbrenning med støkiometrisk dosering, hvor den typiske utforming av selve kammeret er som et flammerør hvor en del av luften innføres inn i det fremre område, for det meste via en virvelenhet for å begynne forbrenningen og fremkalle et område med resirkulering av de varme gasser.

I en ytterligere strøm av luft for fullføring av forbrenningen blir innført via en første serie av hull tilveiebrakt i flammerøret; nedstrøms, hvor den gjenværende del av luften gradvis blir blandet med de brente gasser inntil den ønskede temperatur oppnås ved utløpet av forbrenningskammeret.

Det innvendige flammerør som når de høyeste temperaturer, er konstruksjonsmessig atskilt fra den ytre omhylning, som er utsatt for en høy temperaturdifferanse; med hensyn til industrielle anvendelser er de mest vanlige brukte forbrenningskamre enkle, det vil si med flere flammerør rommet i en enkelt omhylning.

De eksterne forbrenningsturbiner blir i tillegg gassen oppvarmet inne i varmelegemer som er begrepsmessig lik dampgeneratorer.

Særlig i gassturbiner med middels og høye drivnivåer er den aktuelle turbin eller turbinutvidelse av flertrinns aksialtypen, med blader som er liknende de i dampturbiner, bortsett fra valg av materialer, som må ha optimal mekanisk motstand mot høye temperaturer, så vel som mot korrosjon; i dette henseende blir det vanligvis brukt spesiallegeringer, eller fordelingsbladene i det første trinn som er utsatt for de maksimale temperaturer er laget av keramisk materiale.

For maksimale temperaturer som ikke for høye blir det så anvendt en kjøleprosess med luft som blir tatt fra kompressoren og sirkuleres i kanalene som er tilveiebrakt mellom roten av bladene så vel som overflatene av rotorskivene; høyere temperaturer av de brente gasser kan tillates bare å gå til kjøling av hele overflaten av bladet. For å forbedre egenskapene for stabilitet av flammen, er det også vanligvis tilveiebrakt et parallelt brennstoffmatesystem som kan generere tennflammen i nærheten av utløpet av

blanderøret, slik at høytrykksgassen med høy temperatur går via tilsvarende rør de forskjellige trinn av turbinen som omformer enthalpin av gassen til mekanisk energi tilgjengelig for brukeren.

I dokumentet US 5896736 beskrives en fremgangsmåte for drift av en gassturbinmotor for å opprettholde den on-linje under tap av last.

I alle tilfeller er gassturbiner for energigenereringsanvendelser vanligvis utsatt for plutselige variasjoner i den elektriske belastning, forårsaket av åpningen av maskinbryteren, eller, dersom de er koplet til et isolert nettverk, forårsaket av forandringer i den elektriske anvendelse.

Særlig under plutselige økninger av belastning skjer en brå økning i den beregnede flammtemperatur som er langt over de tillatte grenseverdier.

Fra dette synspunkt har styresystemene som for tiden er i bruk, og som er basert på bruk av en fordefinert funksjon for avhengighet av posisjonen av fordelingsbladene i forhold til hastigheten, eller riktig hastighet, for aksialkompressoren eller i forhold til en metode for regulering av utløpstemperaturen av turbinen, ennå ikke nådd de ønskede ytelsesnivåer for opprettholdelse av flammtemperaturen beregnet under de planlagte grenser, både ved kortvarige driftsforhold og ved vanlig kjøring.

Formålet av et eksempel av den foreliggende oppfinnelse er derfor å eliminere ulempene som er beskrevet i det foregående, og særlig å tilveiebringe et system for styring og regulering av flammtemperaturen av en enkeltakslet gassturbin som gjør det mulig å begrense flammtemperaturtoppene som følger plutselige variasjoner i den elektriske belastning, forårsaket av åpning av maskinbryteren eller forandringer i den elektriske bruk.

Et annet formål av et eksempel av den foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe et system for styring og regulering av flammtemperaturen i en gassturbin som mates med brennstoff i væskeform og/eller gassform, som også gjør det mulig å oppnå god stabilitet av flammen og reduserte trykksvingninger i forbrenningskammeret.

Et annet formål av et eksempel av den foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe et system for styring og regulering av flammtemperaturen i en gassturbin som garanterer et høyt nivå av forbrenningseffektivitet.

Et ytterligere formål av et eksempel av den foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe et system for styring og regulering, som gjør det mulig å øke den gjennomsnittlige driftstid for komponentene som er utsatt for høye temperaturer.

Et ytterligere formål av et eksempel av den foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe et system for styring og regulering av flammtemperaturen i en enakslet gassturbin, som er særlig pålitelig, enkel, funksjonell, og kan fullføres ved forholdsvis lave produksjons- og vedlikeholdskostnader, i lys av fordelene som oppnås.

Foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer et system for styring og regulering av flammtemperaturen i en enakslet gassturbinmotor som angitt i krav 1.

Ytterligere spesielle tekniske utførelsesformer er beskrevet i de etterfølgende krav.

Bladene på fordeleren med variabel geometri i en gassturbinmotor, kan være slik som også er kjent under forkortelsen VIGV ("Variable Inlet Guided Vanes"), kan reguleres for å få dem til å innta en passende vinkel i forhold til retningen av luft som kommer inn i kompressoren, for å øke ytelsesnivåene for hele turbinen, når det gjelder kompressorens hastigheter, luftstrømningene, og strømningene av brennstoff som transporteres til varmelegemene.

Styresystem ifølge eksempler av den foreliggende oppfinnelse gjør det særlig mulig å begrense virkningen av det fenomen hvor det under plutselig lastøkning er en brå økning av den beregnede flammetemperatur, som er langt over den tillatte grenseverdi.

Spesielt oppnås det passende styring ved å sikre at posisjonen av fordelingsbladene (VIGV) er avhengig av reguleringen av temperaturen av turbinutløps-gassene, av strømningen av brennbar gass, av turbinhastigheten og av temperaturen av luften som kommer inn i turbinen, for å oppnå meget nøyaktig utforming av hele turbinen.

Oppfinnelsen skal beskrives nærmere i det følgende i forbindelse med et utførelseseksempel og under henvisning til tegningene, der

fig. 1 er et skjematisk sideriss av en enakslet gassturbin av den konvensjonelle type,

fig. 2 er et skjematisk riss, delvis i snitt, av et parti av turbinen på fig.1 som svarer til et overflateparti av rotorskivene, og

fig. 3 angår en utførelsesform av et blokkopererende diagram av systemet ifølge den foreliggende oppfinnelse for styring og regulering av flammetemperaturen for enakslede gassturbiner.

Under særlig henvisning til fig. 1 og 2 omfatter gassturbinmotoren 18 i det vesentlige en aksialkompressor 10, et varmelegeme 11 med lav forurensningsutsending for det gassformige brennstoff, og en aksialturbin 12 av en kjent type.

I det viste eksempel har varmelegemet 11 et kjeglestumpformet hode, direkte nedstrøms hvorfra det aktuelle forbrenningsområde eller hovedflammeområde er tilveiebrakt.

Sammenstillingen er også omgitt av et rom for kjøleluft, som er trykksatt av aksialkompressoren 10 og sirkulerer i retningen av pilen F på fig. 2, som har retninger motsatt retningen av strømmen av forbrenningsproduktene som kommer ut fra varmelegemet 11.

På turbinens 12 hoveddel er det så tilpasset en serie av fordelerblader (VIGV) 13 eller av førstetrinnsfordeler (som er utsatt for de maksimale temperaturer), som er tilveiebrakt mellom en indre ring 14 og en ytre ring 15 av fordeleren, og er festet til en fordeler-holdering 17 og en serie av rotasjonsblader 16 på rotoren som valgfritt er i ett stykke med skiven som bærer den.

Fordelerbladene 13 sikrer at luften og/eller brennstoffet som passerer gjennom bladene har en forutbestemt strømningsretning, for å hjelpe stabiliseringen av hovedflammen.

Til slutt, i forbrenningsområdet kan det tilpasses en serie av parallelle brennere
5 som kan skape en tilsvarende ringformet serie av tilleggsflammer som er konsentriske i forhold til den sentrale hovedflamme.

Særlig kjøleluften blir trykksatt av aksialkompressoren 10 og kjøler forbrenningskammeret eller varmelegemet 11, slik at luft som kommer inn i forblandekammeret oppvarmes, og dermed virker som forbrenningsluft.

10 En innsprøytningsinnretning, som ikke er vist nærmere på tegningene, tilfører i tillegg væskebrennstoff og skaper dermed den sentrale eller hovedforbrenningsflammen, mens det ved tilførsel av ytterligere væskebrennstoff skaper serien av brennere langs omkretsen i forbrenningskammeret 11 direkte nedstrøms ved det kjeglestumpformede hodet en tilsvarende ringformet serie av ytterligere tennflammer, som er konsentriske i
15 forhold til den sentrale hovedflamme.

Gjenstanden i løsningen som er foreslått i den foreliggende beskrivelse er å begrense flammemetemperaturtoppene, som følger plutselige variasjoner i last, ved hjelp av passende styring av posisjonen av bladene 13 av fordeleren med variabel geometri.

Nærmere bestemt er styringen av bladene 13 foreslått ved hjelp av et
20 reguleringssystem så som det som er vist skjematisk på fig. 3. Som det er tydelig vist på tegningen omfatter systemet en tilbakekoplingsgren vist med henvisningstall 20, og en gren med direkte virkning, som har henvisningstall 21.

Grenen 21 med direkte virkning omfatter en beregningsblokk 22 som utfører en forenklet kjøremodell av gassturbinmotoren 18, fullstendig med de tilveiebrakte
25 aktuatorer.

Signalene vist som 23, 24, 25 og som angår henholdsvis strømmen av den brennbare gass, lufttemperaturen ved innløpet av turbinen 12, og turbinhastigheten 12, mates inn i blokken 22; de nevnte signaler opptas ved utløpet av de tilsvarende transdusere 26, 27, 28, hvor innmatingene 29, 30, 31 av disse utgjør de respektive signaler
30 målt direkte på gassturbinmotoren 18.

En ytterligere innmating av blokken 22 er vist med signalet 32 som representerer den ønskede verdi for temperaturen av utløpsgassene av turbinen. Blokken 22 tilfører også som utgang signalet 3 som representerer den beregnede verdi av posisjonen av fordelerbladene 13, som kreves for å oppnå den ønskede verdi for temperaturen av
35 turbinutløpsgassene (signal 32), med de løpende verdier 29, 30, 31 av gasstrømnings-signalene, hastigheten av turbinen og lufttemperaturen ved innløpet av turbinen, og med flammemetemperaturen lavere enn en forutbestemt grenseverdi.

Styresystemet består også av tilbakekoplingsgrenen 20 som består av en proposjonal-integralregulator (PI regulator), som har henvisningstall 34 på fig. 3, og har

på dens innmating et feilsignal 35, innhentet som forskjellen mellom den nødvendige temperaturverdi ved utløpet (signal 32) og den løpende verdi 38 som i virkeligheten består av signalet 36 tatt opp ved utgangen fra transduseren 37.

Utgangen av regulatoren 34 (signal 39) blir så tilføyd signalet 33 som kommer ut
 5 fra målerblokken 22, for å oppnå den korrekte beregnede verdi (signal 40) for posisjonen av fordelerbladene 13, som er nødvendig for å oppnå den ønskede verdi for temperaturen av gassene som kommer ut fra turbinen (signal 32), med de løpende verdier for strøm, hastighet og temperatur av luften (signalene 29, 30, 31) og med en flammetemperatur som er lavere enn den planlagte grenseverdi.

10 Regulatoren 34 på tilbakekoplingsgrenen 20 gjør det derfor mulig å gjenopprette alle unøyaktigheter i styring med direkte virkning (grenen 21), som fullføres ved hjelp av en fordefinert funksjon, og i samsvar med denne avhenger posisjonen av fordelerbladene 13 av hastigheten eller av en riktig verdi av hastighetene, av aksialkompressoren 10 eller av turbinen 12.

15 I virkeligheten er de nevnte potensielle unøyaktigheter av grenen 21 med direkte virkning forårsaket av variasjoner av ytelsen av maskinen i forhold til de som er planlagt av blokken 22, som utgjør den matematiske modell for gassturbinmotoren 18, eller i forhold til utformingsfeil, og derfor bestemmer tilstedeværelsen av en ytterligere tilbakekoplingsgren 20 muligheten for å gjøre posisjonen av bladene 13 (VIGV) avhengig
 20 ikke bare av reguleringen av temperaturen av luften som kommer inn i, eller går ut fra turbinen 12, men også av strømmen av brennbar gass i varmeeheten 11.

Fullføringen av det beskrevne reguleringssystem i turbinene gjør det derfor mulig å oppnå et utmerket resultat når det gjelder optimal styring, med dette menes konsolidering av de gode ytelsesnivåer ved opprettholdelse av flammetemperaturen
 25 beregnet under de planlagte grenser, både ved kortvarige driftsforhold og ved vanlig kjøring, som planlagt i de utførte simuleringer.

Den foreliggende beskrivelse gjør egenskapene for systemet som er gjenstanden for den foreliggende oppfinnelse for styring og regulering av flammetemperaturen i en enakslet gassturbin innlysende, og gjør også de tilsvarende fordeler innlysende, som det
 30 vil huskes omfatter:

- reduserte nivåer av avgivelse av forurensninger,
- reduserte trykksvingninger i forbrenningskammeret og god stabilitet av flammen,
- et høyt nivå av forbrenningsvirkningsgraden,
- en økning av den gjennomsnittlige levetid for komponentene som er utsatt for høye
 35 temperaturer,
- enkel og pålitelig anvendelse,
- forholdsvis lave produksjons- og vedlikeholdskostnader, sammenliknet med den kjente teknikk, og
- opprettholdelse av den beregnede flammetemperatur under forutbestemte grenseverdier.

Endelig vil det være klart at det kan gjøres mange modifikasjoner og variasjoner som alle vil ligge innenfor rammen av oppfinnelsens beskyttelsesomfang av det konstruerte system for styring og regulering av flammentemperaturen for enakslede gassturbiner.

- 5 I tillegg kan alle detaljer erstattes av elementer som er teknisk ekvivalente, og i praksis kan alle materialer, former og dimensjoner anvendes i samsvar med de tekniske behov.

Rammen for beskyttelsesomfanget for oppfinnelsen er derfor begrenset av de etterfølgende krav.

P a t e n t k r a v

5 1. System for styring og regulering av flammentemperaturen i en enakslet gassturbinmotor (18), av typen som omfatter minst én første regulator eller direktevirkende gren (21), som omfatter minst én beregningsblokk (22), som kan utføre en matematisk funksjonsmodell for gassturbinmotoren (18), basert på en serie av forut definerte parametere, **karakterisert ved** at systemet også omfatter minst en andre
10 regulator eller tilbakekoplingsgren (20), anbrakt for å gjenopprette alle unøyaktigheter fra regulatoren (21) forårsaket av variasjoner av gassturbinmotorens (18) ytelse i forhold til de som er regnet med av den matematiske modell eller forårsaket av utformingsfeil, hvor den første (21) og andre regulator (20) virker på blader (13) av en fordeler med variabel geometri, av en første trinn turbinenhet (12) av gassturbinmotoren (18), for å få bladene
15 til å innta en forutbestemt vinkel i forhold til retningen av luften som kommer inn inne i turbinen (12) av gassturbinmotoren (18), for å begrense flammentemperaturens økning innenfor forutbestemte verdier under plutselige lastøkninger.

 2. System for styring og regulering ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den enakslede gassturbinmotoren (18) i det vesentlige omfatter i serie en aksialkompressor
20 (10) som kan transportere trykksatt kjøleluft, et forbrenningskammer (11) for det gassformige brennstoff og en aksial turbinenhet (12), hvor forbrenningskammeret (11) har et kjeglestumpformet hode, hvor det direkte nedstrøms derfra er tilveiebrakt et hovedforbrenningsområde.

 3. System for styring og regulering ifølge krav 2, **karakterisert ved** at
25 regulatorene (20, 21) gjør det mulig å gjøre posisjonen av bladene (13) på fordeleren avhengig av temperaturen av utløpsgasser fra aksialturbinenhet (12), av en strøm av brennbar gass, av hastigheten av aksialturbinenhet (12), og av temperaturen av luften som kommer inn i aksialturbinenhet (12).

 4. System for styring og regulering ifølge krav 2, **karakterisert ved** at bladene
30 (13) av fordeleren er tilpasset på en hoveddel av aksialturbinenheten (12), mellom en indre ring (14) og en ytre ring (15) av fordeleren, for å sikre at strømmen av luft og/eller brennstoff som passerer gjennom bladene har en forutbestemt retning hvor aksialturbinenheten (12) også bærer en serie av roterende blader (16) av rotoren.

 5. System for styring og regulering ifølge krav 1, **karakterisert ved** at signalene
35 (23, 24, 25) som angår verdiene av strømmen av brennbar gass, lufttemperaturen ved innløpet av gassturbinmotoren (18), og hastigheten av gassturbinmotoren (18), er matet inn i beregningsblokken (22), hvor signalene (23, 24, 25) blir tatt opp ved utgangen av tilsvarende transdusere (26, 27, 28), hvor innmatingene (29, 30, 31) av disse utgjør de respektive signaler målt direkte på gassturbinmotoren (18).

6. System for styring og regulering ifølge krav 5, **karakterisert ved** at beregningsblokken (22) har minst ett ytterligere signal (32) ved innmatingen (32), som representerer en ønsket temperaturverdi for utløpsgassene av gassturbinmotoren (18).

7. System for styring og regulering ifølge krav 6, **karakterisert ved** at
5 beregningsblokken (22) tilfører som utgang et signal (33) som representerer en beregnet posisjonsverdi for fordelingsbladene (13), som er nødvendig for å oppnå en ønsket temperaturverdi av utløpsgassene av gassturbinmotoren (18), med de løpende verdier (29, 30, 31) av gasstrømsignalene, hastigheten av gassturbinmotoren (18) og temperaturen av luften som slippes inn i gassturbinmotoren (18), og med en flammetemperatur som er
10 lavere enn en forutbestemt grenseverdi.

8. System for styring og regulering ifølge krav 7, **karakterisert ved** at tilbakekoplingsgrenen (20) omfatter minst én proposjonal-integralregulator (34), som har et innmatingsfeilsignal (35), som innhentes som differansen mellom den nødvendige temperaturverdi ved utløpet (32) og en løpende verdi (38), som består av et signal (36)
15 som tas opp ved utgangen av en transduktor (37) på gassturbinmotoren (18).

9. System for styring og regulering ifølge krav 8, **karakterisert ved** at proporsjonal-integralregulatoren (34) har et utgangssignal (39) som er tilføyd til et ytterligere signal (33) tatt ut fra beregningsblokken (22), for å innhente en korrekt beregnet verdi (40) av posisjonen av fordelerplatene (13) hvor den beregnede verdi er
20 nødvendig for å oppnå den ønskede temperaturverdi (32) av gassene som avgis fra gassturbinmotoren (18), med de løpende strømningsverdier, hastighet og temperatur av luften (29, 30, 31), og med en flammetemperatur som er lavere enn den beregnede grenseverdi.

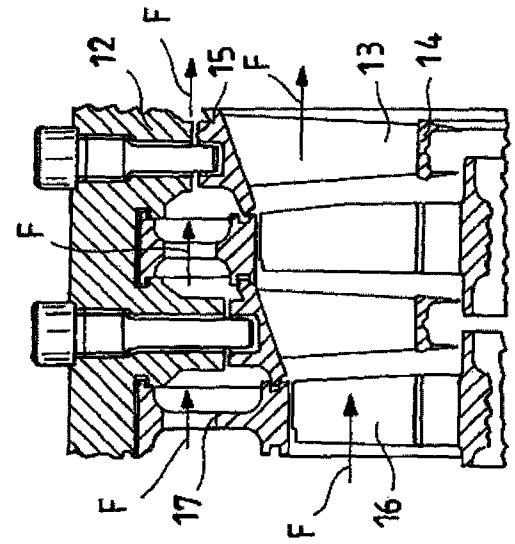
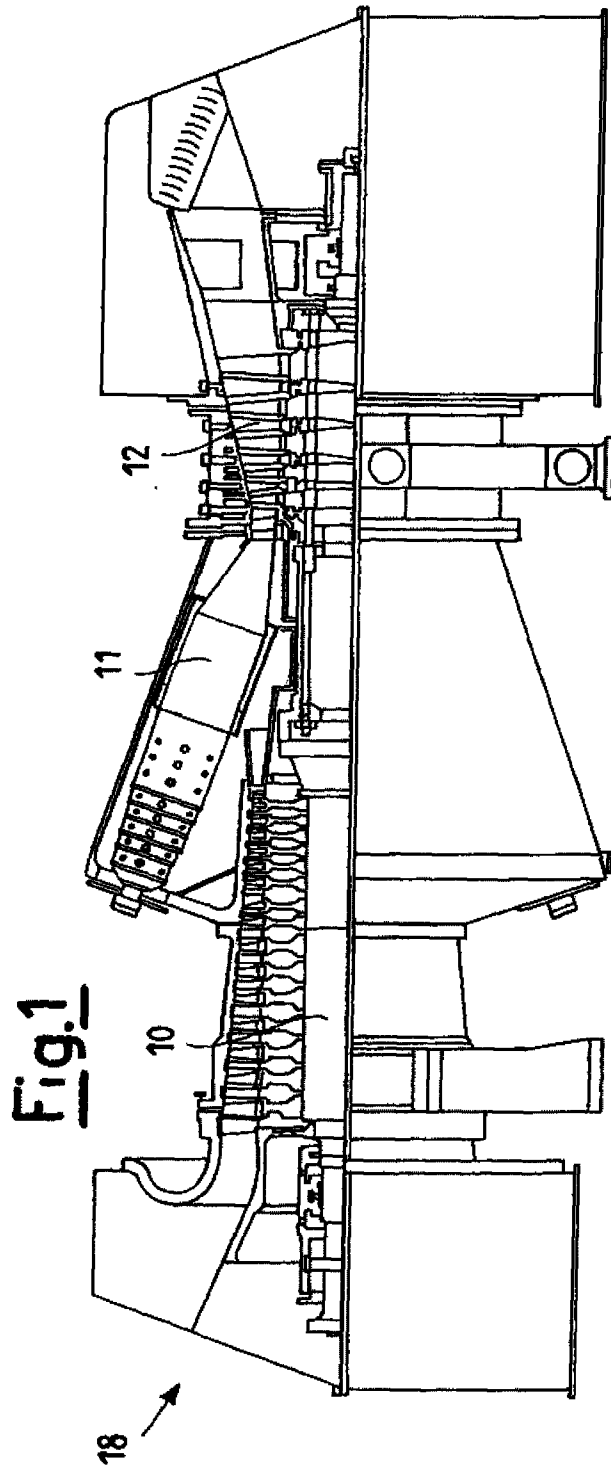


Fig.2

Fig.3