



(12) PATENT

(19) NO

(11) 330343

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

F04C 23/00 (2006.01)

F04B 41/06 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

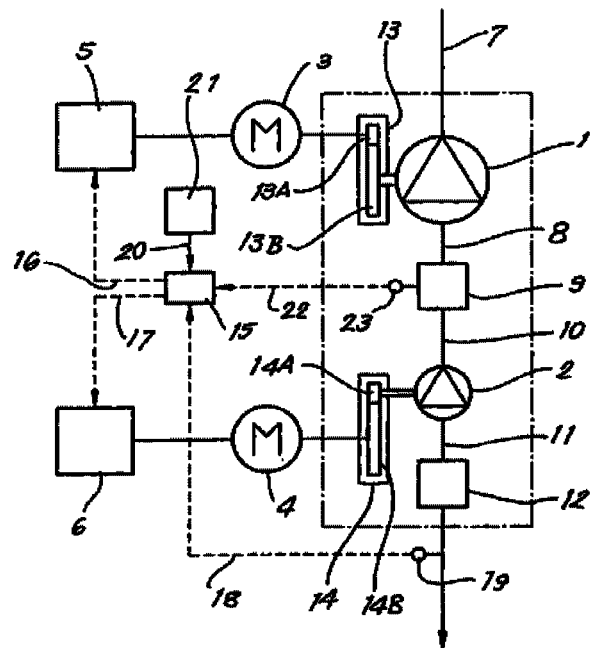
F04B 35/01 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20021955	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2000.10.24 PCT/BE2000/00127
(22)	Inng.dag	2002.04.25	(85)	Videreføringssdag	2002.04.25
(24)	Løpedag	2000.10.24	(30)	Prioritet	1999.10.26, BE, 9900699
(41)	Alm.tilgj	2002.06.25			
(45)	Meddelt	2011.03.28			
(73)	Innehaver	Atlas Copco Airpower NV, Boomssesteenweg 957, BE-2610 WILRIJK, Belgia			
(72)	Oppfinner	Ken Gustaaf Helena Verhaegen, Dr F de Wachterlaan 2, B-2870 Puurs, Belgia			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 1570 Vika, 0118 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Flertrinnskompressor og fremgangsmåte for å regulere en slik
(56)	Anførte publikasjoner	JP 7158576 A
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen angår en flertrinns kompressorenhet som omfatter minst to forskjellige kompressorelementer (1, 2) drevet ved hjelp av separate elektriske motorer (3, 4) med justerbar hastighet, hvorved utløpet (8) av kompressorelementet (1) av ett trinn forbundet med innløpet (10) av et etterfølgende kompressorelement (2) av et etterfølgende trinn, karakterisert ved at de elektriske motorer (2, 4) er identiske og derfor har tilnærmet en og samme nominelle kapasitet, mens det mellom hver motor (3, 4) og kompressorelementet (1, 2) drevet av den, er plassert en transmisjon (13, 14).



Denne oppfinnelsen angår en flertrinns kompressorenhet omfattende minst to forskjellige kompressorelementer og minst to separate elektriske motorer med en justerbar hastighet, hvor kompressorelementene blir drevet av nevnte elektriske motorer, slik at utløpet av et kompressorelement av ett trinn blir forbundet med innløpet til et etterfølgende kompressorelement av et etterfølgende trinn.

I motsetning til volumstrømmengden og trykkforholdene, er massestrømmengden av slik flertrinns kompressorenhet konstant i hvert av trinnene.

På grunn av de forskjellige volumstrømningsmengder og forskjellige trykkforhold, er hastigheten av hvert kompressorelement forskjellig og er bestemt ved utgangstrykket og den endelige volumstrømningsmengde.

I noen kjente totrinnskompressorenheter med variabel hastighet, består anordningen for å drive kompressorelementene av de to trinnene av en enkelt stor elektrisk standardmotor som blir drevet ved hjelp av en stor inverterer eller frekvensregulator.

Denne motoren driver kompressorelementene ved mellomledet av et stort girhjul.

Kompressorelementene har et innebygd trykkforhold og hører til en rekke elementer som ble konstruert slik at de kan anvendes i ett trinn så vel som i flere trinn, slik at et minimum antall kompressorelementer når hele området av luftkapasiteter.

Videre er tregheten av en større motor med et stort girhjul forholdsvis høy, og som et resultat av dette er responsen av kompressorenheten relativt langsom, hvis ikke motoren er overdimensjonert.

Som et resultat av det faste hastighetsforhold mellom kompressorelementene av de forskjellige trinn, er effektiviteten av kompressorenheten begrenset over dens komplette arbeidsområde. Den foreliggende kompressorenhet har bare én optimum-effektivitet for ett veldefinert utgangstrykk og volumstrømningsmengde.

Fra JP 07158576 A i navnet Kobe Steel Ltd, er en totrinns kompressorenhet kjent, hvor de to kompressorelementene blir drevet ved separate motorer, slik at hastigheten av motorene blir justert ved hjelp av en inverter. I en utførelse blir de to invertorene kontrollert ved hjelp av en samme kontrollanordning i funksjon av trykket mellom de to trinnene. I en annen form for utførelse blir invertorene styrt ved separate styringsanordninger i funksjon av trykket mellom de to trinnene, henholdsvis trykket ved utgangen av høytrykkstrinnet.

Kompressorelementet av lavtrykkstrinnet er større enn kompressorelementet av høytrykkstrinnet, og de nominelle rotasjonshastigheter av kompressorelementene er forskjellige. Derfor er kompressorelementet av høytrykkstrinnet drevet uten transmisjon ved hjelp av en mindre motor enn kompressorelementet enn lavtrykkstrinnet som er

drevet ved hjelp av en girtransmisjon og en større motor. Denne konstruksjonen er forholdsvis komplisert og kostbar.

JP 02140477 A beskriver også en totrinns kompressorenhet, i hvilket to liknende kompressorelementer er installert i ett hus og er drevet direkte ved motorer, hvis hastighet er regulert separat ved en inverter. Effektiviteten av en slik kompressorenhet er imidlertid ikke optimal.

Fra JP 10 082391 A i navn av Ishikawajima Harima Heavy Ind Co Ltd, er en totrinns kompressorenhet kjent, hvor de to kompressorelementene er drevet ved separate motorer. Hastighetsforholdet mellom motorene er tatt fra en databank, og er valgt basert på det målte utgangstrykk og utgangstemperaturen av luften i kompressortrinnene. Dette er for å gjøre en mer effektiv operasjon mulig.

Hastighetsforholdene for de to motorene er beregnet på forhånd og basert på karakteristikkene av kompressorelementene på det tidspunkt.

Oppfinnelsen tar også sikte på en flertrinns kompressorenhet som ikke viser de nevnte ulemper, er relativt økonomisk og kan virke på en enkel måte med en optimal effektivitet.

Ifølge oppfinnelsen er dette mål nådd ved at i den første kompressorenhet, som definert i den første paragraf, er de elektriske motorer identiske idet at de har en og samme nominell kapasitet eller effektivitet, mens det mellom hver motor og kompressorenhet som drives av den er anordnet en girtransmisjon.

Til tross for det faktum at kompressorelementene er forskjellige for å være i stand til å operere på en optimal måte, er imidlertid motorene identiske. Derfor kan motorer av samme type og med den samme nominelle kapasitet som allerede er på markedet bli brukt, hvilket gjør det mulig å redusere prisen.

Hvis kompressorenheten omfatter to trinn, og det er for to kompressorelementer og dermed én girtransmisjon, spesielt den i lavtrykkstrinnet, kan forårsake en hastighetsreduksjon i forhold til rotasjonshastigheten av den tilsvarende motor, mens den andre girtransmisjon, nemlig den i høytrykkstrinnet, forårsaker an hastighetsøkning i forhold til rotasjonshastigheten av den tilsvarende motor.

Ved et effektivt valg av motorer, kan begge girtransmisjonene omfatte store og små girhjul som utveksles i den ene girtransmisjon i forhold til den andre girtransmisjon, slik at de mindre girhjulene er identiske og de større girhjulene er identiske.

Fortrinnsvis er de elektriske motorene koplet til sine egne frekvensregulatorer, slik at frekvensen, og derfor hastigheten, kan reguleres separat per motor.

Oppfinnelsen er også relatert til en fremgangsmåte for å regulere en flertrinns kompressorenhet som beskrevet ovenfor som omfatter en elektrisk motor per kompressorelement, som blir matet ved hjelp av en tilhørende frekvensregulator, slik at frekvensen, og derfor hastigheten, kan reguleres separat per motor og hastighetsforholdet mellom motorene av de forskjellige trinn kan justeres kontinuerlig, slik at motorer med

den samme nominelle kapasitet eller effekt blir brukt og hvorved er anvendelse gjord med en girtransmisjon som er fortsatt mellom hver motor og kompressorelement er drevet dermed.

Energibesparelse er oppnådd ved å justere hastighetsforholdet av trinnene, og derfor trykkforholdet mellom de forskjellige trinn på en slik måte at, ved siden av det 5 ønskede utgangstrykk, en optimal total effektivitet av kompressorenheten er oppnådd. Den optimale effektivitet av kompressorenheten er oppnådd ved å optimalisere hastigheten av hvert trinn, og derfor trykkforholdet over hvert trinn.

Under denne justering av hastighetsforholdet blir utgangstrykket målt, og i 10 funksjon av dette blir hastigheten av én av motorene tilpasset umiddelbart. Denne motoren, også kalt "master", kan enten være motoren for lavtrykkstrinnet eller motoren for høytrykkstrinnet.

Den optimale hastighet, og derfor trykkforholdet for hvert trinn, er kjent og til stede i en databank eller kan beregnes ved hjelp av en algoritme, for eksempel en vag 15 kontroll, i sann tid.

Etter endring av hastigheten av denne motoren, blir det optimale hastighetsforhold bestemt ved hjelp av en databank eller en algoritme som en funksjon av hastigheten av den nevnte motor og det målte utgangstrykk, for dermed å tilpasse hastigheten av de andre motorene.

20 Fortrinnsvis blir hastighetsforholdet mellom motorene bestemt for hver tilstand av kompressorenheten i funksjon av det målte utgangstrykk, og blir tatt fra en databank eller beregnet ved hjelp av en sanntidsalgoritme.

Med den intensjon for bedre å vise karakteristikkene ved oppfinnelsen, skal heretter et eksempel uten noen begrensende karakter, en foretrukket form av utførelsen av 25 en flertrinns kompressorenhet og en fremgangsmåte for å regulere en slik flertrinns kompressorenhet ifølge oppfinnelsen beskrives, med henvisning til den medfølgende tegning, som skjematisk representerer en slik kompressorenhet.

På figuren er en totrinnskompressorenhet representert, som i det vesentlige omfatter et større kompressorelement 1 for lavtrykkstrinnet og et mindre kompressor- 30 element for høytrykkstrinnet, og to elektriske motorer 3 og 4 som blir matet ved frekvensregulatorer 5, 6.

Begge kompressorelementer 1 og 2 er volumetriske kompressorelementer, nemlig skrutablekompressorelementer.

I en variant kan det imidlertid også være andre volumetriske kompressor- 35 elementer, så som heliske kompressorelementer, eller det kan også være dynamiske kompressorelementer.

Kompressorelementet 1 omfatter et innløp 7 og et lavtrykksutløp 8, som ved hjelp av en kjøler 9 er forbundet med innløpet 10 av kompressorelementet 2 som er utstyrt med et høytrykksutløp 11.

I det representerte eksempel er en etterkjøler 12 installert i dette utløpet.

Begge motorene 3 og 4 er høyhastighetsmotorer og identiske med hverandre, med andre ord, de har den samme nominelle kapasitet.

De har således også normalt den samme rotor, den samme stator og de samme lagre. De kan faktisk være fullstendig like, og derfor av samme kommersielle type.

Kompressorelementet 1 er koplet til motoren 3 ved hjelp av en første liten girtransmisjon 13, mens kompressorelementet 2 er koplet til motoren 4 ved hjelp av en annen liten girtransmisjon 14.

Girtransmisjonene 13 består av to girhjul montert i et girhjulhus, nemlig et lite girhus 13A på akselen av motoren 3 som engasjerer i et større girhjul 13B som er festet på drivakselen av kompressorelementet 1, og derfor forårsaker en hastighetsreduksjon.

Girtransmisjonen 14 er identisk med girtransmisjonen 13, og omfatter således også et lite girhjul 14A som engasjerer det store girhjul 14B, men girhjulene 14A og 14B er imidlertid skiftet, med andre ord, det lille girhjul 14A er nå festet til drivakselen av kompressorelementet 2, mens det store girhjulet 14B roterer sammen med akselen for motoren 4.

Girtransmisjonen 14 forårsaker således en hastighetsøkning.

Den nominelle kapasitet av motorene 3 og 4 er således praktisk talt den samme, og er valgt lik den maksimumkapasitet som er nødvendig for å drive det kompressorelement som krever den største kapasitet.

Ved at i denne installasjon det minste kompressorelement 2 roterer hurtigere enn det største kompressorelement 3, er den konstruerte rotasjonshastighet av motorene 3 og 4 valgt mellom den maksimale rotasjonshastighet av de to kompressorelementene 1 og 2, og fortrinnsvis i midten mellom disse rotasjonshastighetene.

Den presise maksimumsrotasjonshastighet av disse kompressorelementene 1 og 2 er oppnådd ved hjelp av girtransmisjonene 13 og 14.

Ikke bare er motorene 3 og 4 identiske, men også frekvensregulatorene 5 og 6 kan være identiske og derfor ha den samme kapasitet.

Videre omfatter kompressorenheten en kontrollanordning 15, for eksempel en PLC-kontroll, som på én side er forbundet med sine utganger til de to frekvensregulatorene 5 og 6 ved hjelp av elektriske ledninger 16 og 17, og på den annen side forbundet med en første inngang ved hjelp av en krets 18 med en trykkmåler 19 ved utløpet 11 av kompressorelementet 2, og er forbundet med en annen inngang ved hjelp av en ledning 20, med en anordning 21 for å innstille det ønskede utgangstrykk.

I en variant er en tredje inngang av kontrollanordningen 15 forbundet med forbindelsen mellom kompressorelementene 1 og 2 ved hjelp av en ledning 22 med en trykkmåler 23, for eksempel som den som er representert ved kjøleren 9.

Ved å drive hvert kompressorelement 1 og 2 ved en tilhørende motor 3 eller 4, kan rotasjonshastigheten for hvert av disse kompressorelementene 1 og 2 bli regulert separat.

Reguleringen kan finne sted ved at kontrollanordningen 15 påvirker frekvensregulatorene 5 og 6 som en funksjon av trykket målt av trykkmåleren 19 i utløpet 11 og det ønskede utgangstrykk justert ved anordningen 21, for eksempel ved hjelp av en algoritme, for eksempel en vag kontroll, slik at det alltid kan oppnås en optimal effektivitet av kompressorenheten ved hjelp av en kontinuerlig, optimal justering av hastighetsforholdet for motorene 3 og 4 av trinnene.

I denne reguleringen kan det også gjøres bruk av mellomtrykket målt ved trykkmåleren 23, hvorved dette mellomtrykk blir brukt i kombinasjon med utgangstrykket målt ved trykkmåleren 19.

Frekvensregulatorene 5 og 6 har den samme kapasitet som er bare halve kapasiteten som er nødvendig når det er bare én motor. Girhjulhusene 13 og 14 er forholdsvis små, og også motorene 3 og 4 kan være forholdsvis små, slik at kompressor-enheten sikkert ikke er større og tyngre enn med en enkelt stor motor med et stort og kostbart girhus.

Ved bruk av høyhastighetsmotorer som er mindre og lettere enn standardmotorer av samme kapasitet, kan kompressorenheten bli bygd mer kompakt og lett, og som et resultat er mindre materiale nødvendig, og enheten blir mindre kostbar, mens mindre gulvareal er nødvendig for den og transportkostnadene vil bli redusert. En ytterligere fordel ved bruk av mer kompakte høyhastighetsmotorer er den lave treghet, og som en følge av dette er responsen hurtigere.

Siden kompressorenhetene omfatter identiske motorer 3 og 4, identiske frekvensregulatorer 5 og 6 og identiske girtransmisjoner 13 og 14, er konstruksjonen av dette relativt enkel og økonomisk. Også kostnadene for lagerhold er redusert.

Mindre typer av motorer er nødvendig, som en følge av hvilket et mindre lagerhold er nødvendig og motorene kan bli produsert i større serier, og følgelig mindre kostbare.

Antallet trinn er ikke begrenset til to. For hvert trinn eller hvert kompressor-element, er en separat motor med justerbar hastighet til stede.

Kompressorenheten trenger ikke nødvendigvis å omfatte en kjøler 9 mellom kompressorelementene 1 og 2, og en etterkjøler 12 er heller ikke absolutt nødvendig.

Oppfinnelsen er på ingen måte begrenset til den form av utførelse som er beskrevet ovenfor og representert i tegningen, men derimot kan slike flertrinns kompressorenheter og metoder for regulering av disse bli realisert i forskjellige varianter uten å forlate omfanget av de medfølgende krav.

P a t e n t k r a v

5 1. Flertrinns kompressorenhet omfattende minst to forskjellige kompressor-
elementer (1, 2) og minst to separate motorer (3, 4) med en justerbar hastighet, hvor
kompressorelementene (1, 2) blir drevet av de nevnte elektriske motorer (3, 4), hvorved
utløpet (8) av et kompressorelement (1) av ett trinn er forbundet til innløpet (10) av et
etterfølgende kompressorelement (2) av et etterfølgende trinn, **karakterisert ved** at de
10 elektriske motorer (3, 4) er identiske da de har én og samme nominelle kapasitet, mens
det mellom hver motor (3, 4) og kompressorelementet (1, 2) drives av dem, er anordnet
en girtransmisjon (13, 14).

2. Flertrinns kompressorenhet ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den omfatter to
trinns og én girtransmisjon (13), spesielt den i lavtrykkstrinnet, forårsaker en hastighets-
15 reduksjon i forhold til rotasjonshastigheten av den tilsvarende motor (3), mens den andre
girtransmisjon (14), nemlig den i høytrykkstrinnet, forårsaker en hastighetsøkning i
forhold til rotasjonshastigheten for den tilsvarende motor (4).

3. Flertrinns kompressorenhet ifølge krav 2, **karakterisert ved** at begge
girtransmisjonene (13, 14) omfatter identiske par av girhjul, hvor hvert par omfatter et
20 lite og et stort girhjul (13A, 13B) som er utvekslet i én girtransmisjon (13) i forhold til
den andre girtransmisjon (14), hvorved de små girhjulene (13A, 14A) er identiske, og de
store girhjulene (13B, 14B) er identiske.

4. Flertrinns kompressorenhet ifølge krav 2 eller 3, **karakterisert ved** at den
designede rotasjonshastighet av motorene (3, 4) er valgt mellom den maksimale
25 rotasjonshastighet for de to kompressorelementene (1, 2) og fortrinnsvis i midten mellom
disse rotasjonshastighetene.

5. Flertrinns kompressorenhet ifølge hvilket som helst av de foregående krav,
karakterisert ved at de elektriske motorene (3, 4) er koplet til sin egen frekvensregulator
(5, 6) slik at frekvensen, og derfor hastigheten, kan reguleres separat per motor (3, 4).

30 6. Flertrinns kompressorenhet ifølge krav 5, **karakterisert ved** at den omfatter
en kontrollanordning (15) som er koplet til en trykkmåler (19) for å måle trykket ved
utløpet (11) av det siste trinn, og en anordning (21) for å innstille det ønskede
utgangstrykk, og som en funksjon av verdien målt ved denne trykkmåler (19) og det
ønskede utgangstrykk innstilt ved anordningen (21), styrer frekvensregulatoren (5, 6).

35 7. Flertrinns kompressorenhet ifølge krav 6, **karakterisert ved** at kontroll-
anordningen (15) er koplet til en trykkmåler 23 for å måle det mellomliggende trykk
mellom kompressorelementene (1, 2).

8. Flertrinns kompressorenhet ifølge hvilket som helst av de foregående krav,
karakterisert ved at en kjøler (9) er installert mellom kompressorelementene (1, 2).

9. Flertrinns kompressorenhet ifølge hvilket som helst av de foregående krav, **karakterisert ved** at en etterkjøler (12) er installert i utløpet av det siste kompressorelement (2).

10. Fremgangsmåte for å regulere en flertrinns kompressorenhet ifølge krav 1, som omfatter en elektrisk motor (3, 4) per kompressorelement (1, 2) som blir matet ved hjelp av en tilhørende frekvensregulator (5, 6), slik at frekvensen og derfor hastigheten kan reguleres separat per motor, og hastighetsforholdet mellom motorene (3, 4) av de forskjellige trinn kan justeres kontinuerlig, **karakterisert ved** at motorer (3, 4) med samme nominelle kapasitet er brukt og at bruk er gjort av en girtransmisjonene (13, 14) som er fortsatt mellom hver motor (3,4) og kompressorelement (1, 2) er drevet dermed.

11. Fremgangsmåte ifølge krav 10, **karakterisert ved** at hastighetsforholdet mellom motorene (3, 4) er bestemt for hver tilstand av kompressorenhetene som en funksjon av det målte utgangstrykk og er tatt fra en databank eller beregnet i sann tid ved hjelp av en algoritme eller vag kontroll.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 11, **karakterisert ved** at hastighetsforholdet mellom motorene (3, 4) også er bestemt som en funksjon av mellomtrykket målt mellom de to trinnene.

13. Fremgangsmåte ifølge krav 10 eller 11, **karakterisert ved** at med trykkforskjell mellom de målte utgangstrykk og de ønskede utgangstrykk, er hastigheten av én av motorene (3, 4) umiddelbart tilpasset, slik at, som en funksjon av hastigheten av denne motoren og det målte utgangstrykk, er hastighetsforholdene justert for å endre hastigheten for de andre motorene.

