NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO (11) **308969** (13) B1

(51) Int Cl[7] F 25 J 1/02

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19944701	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	1994.04.05, PCT/FR94/00380
(22) Inng. dag	1994.12.06	(85) Videreføringsdag	1994.12.06
(24) Løpedag	1994.04.05	(30) Prioritet	1993.04.09, FR, 9304276
(41) Alm. tilgj.	1994.12.06		
(45) Meddelt dato	2000.11.20		

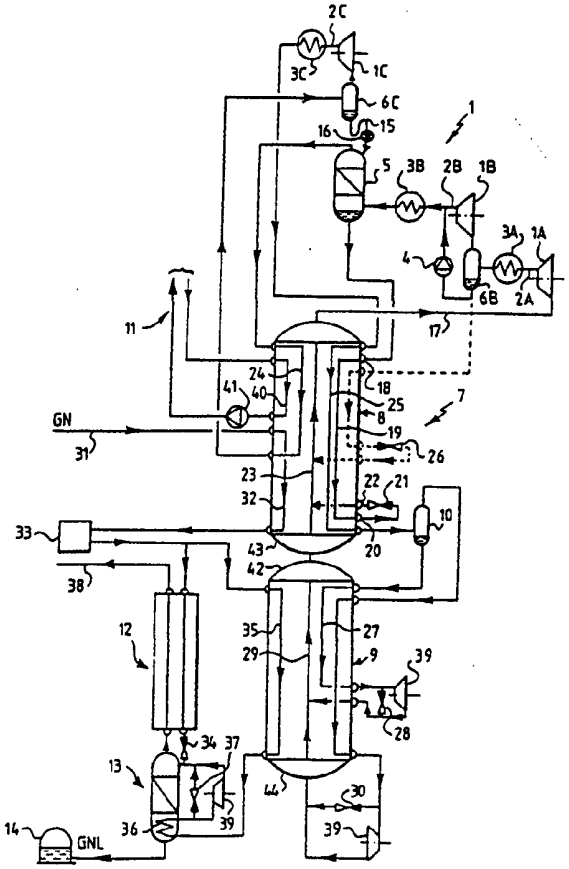
(71) Patenthaver Gaz de France, 23, rue Philibert Delorme, F-75017 Paris, FR
(72) Oppfinner Maurice Grenier, Paris, FR
(74) Fullmektig Bryns Patentkontor AS, 0106 Oslo

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte og installasjon for avkjøling av et fluid, spesielt for kondensering av narurgass**

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag

Ved en fremgangsmåte av integrert inkorporert kaskade-type blir kjøleblandingen fra det nest siste trinnet (1B) til enkeltsykluskompressor (1) matet inn i et destillasjonsapparat (5), hvorfra toppdampen avkjøles (ved 24) til en temperatur betydelig lavere enn omgivelsestemperatur. Dampen blir deretter adskilt i to faser (ved 6C); dampfasen tilføres det siste trinnet (1C) til kompressoren og væskefasen utgjør et kjøle-fluidum for den varme delen (8) av den termiske varmevekslerlinjen (7).


2C
3C
1C
6C
16
15
1
5
3B
2B
1B
3A
1A
4
6B
2A
11
17
24
41
40
18
25
8
19
7
GN
31
26
23
22
21
32
10
33
43
20
42
38
12
35
27
29
9
39
28
34
37
13
44
30
14
36
39
GNL

Foreliggende oppfinnelse vedrører avkjøling av fluider, og spesielt kondensasjon av naturgass. Den innbefatter først og fremst en fremgangsmåte for avkjøling av et fluidum, spesielt kondensasjon av naturgass, av den integrerte kaskadetypen i henhold til ingressen i det selvstendige krav 1.

Trykkene avgitt under er absolutte trykk.

Kondensering av naturgass ved å bruke en kjølesyklus kalt "inkorporert kaskade" (incorporated cascade) ved å anvende en væskeblanding, har lenge vært kjent.

Kjølemiddelblandingen utgjøres av et visst antall fluider som blandt annet innbefatter nitrogen og hydrokarboner så som metan, etylen, etan, propan, butan, pentan etc.

Blandingen komprimeres, kondenseres og underkjøles ved høyt trykk i syklen som generelt ligger mellom 20 og 50 bar. Denne kondensasjonen kan skje i ett eller flere trinn hvor den kondenserte væsken utskilles ved hvert trinn.

Væsken eller væskene som fremstilles blir etter underkjøling, trykkavlastet til syklens lave trykk som generelt ligger mellom 1.5 og 6 bar og fordamper motstrøms med naturgass som skal kondenseres og sykelgassen blir avkjølt.

Etter oppvarming til tilnærmet omgivende temperatur, blir kjølemiddelblandingen igjen komprimert til syklens høye trykk.

For at denne driften skal være mulig, er det nødvendig å ha tilgjengelig et fluidum som kan kondenseres ved omgivende temperatur ved syklens høye trykk. Dette medfører en spesiell vanskelighet fordi blandingen og trykkene spesielt er optimalisert for den kalde delen av kondensasjonsanlegget og er ikke tilpasset den avkjøling som utføres like godt i den kalde delen, det vil si ligger mellom omgivende tempera-

tur (generelt i størrelsesorden +30°C til +40°C i områder med naturgassproduksjon) og en mellomliggende temperatur i størrelsesorden -20°C til -40°C.

Et stort antall av de eksisterende installasjonene krever derfor i varmdelen en separat kjølesyklus av propan eller en propan-etanblanding. Det oppnås derved et relativt lavt forbruk av spesifikk energi, men til prisen av en stor økning av kompleksiteten og kostnadene for installasjonen.

Hensikten med foreliggende oppfinnelse er å kunne utelate den separate kjølesyklen, og derved anvende en enkelt kompressorgruppe, det vil si en såkalt "integrert inkorporert kaskade" kjølesyklus, på en slik måte at den spesifikke energien til prosessen samtidig kan oppnås med en relativt redusert investering.

For å oppnå dette, er hensikten med foreliggende oppfinnelse en kjøleprosess av den ovennevnte type kjennetegnet ved de i karakteristikken til det selvstendige krav 1 angitte trekk.

For klarhets skyld vil uttrykket "omgivende temperatur" være definert som den termodynamiske referansetemperaturen tilsvarende temperaturen til kjølefluidet (spesielt vann) som er tilgjengelig på stedet og som anvendes i syklen, øket ved temperaturdifferansen bestemt av konstruksjonen ved utløpet av maskineriet til kjøleapparatet (kompressorer, varmevekslere..). I praksis er denne differansen i størrelsesorden 3°C til 10°C, og fortrinnsvis i størrelsesorden 5°C til 8°C.

Det bør også legges merke til at kjøletemperaturen ved toppen av destillasjonsapparatet (i det vesentlige tilsvarende temperaturen til "væsken" som virker her) vil være mellom ca. 0°C og 20°C og generelt mellom 5°C og 15°C for en "omgivende temperatur" (eller innløpstemperatur til varmevekslerlinjen)

i størrelsesorden 15°C til 45°C og generelt mellom 30°C og 40°C.

Videre kan fremgangsmåten innbefatte en eller flere av de følgende kjennetegn:

Avkjøling og delvis kondensering av toppdampen av destillasjonsapparatet ved varmeveksling med i det minste de trykkavlastede stasjonene og kjølingen av toppen av destillasjonsapparatet med den herved dannede væskefasen.

Avkjøling og delvis kondensering i området til omgivende temperatur til gassen som kommer ut fra det siste kompresjonstrinnet, trykkavlastning av væskefasen som derved oppnås og kjøling av toppen av destillasjonsapparatet ved hjelp av denne trykkavlastede væskefasen.

Delvis kondensasjon av gassen som kommer fra det siste kompresjonstrinnet under kjølingen.

Indirekte varmeveksling mellom væsken som kommer fra avkjøling av gassen som kommer fra det siste kompresjonstrinnet og toppdampen fra destillasjonsapparatet før denne dampen sendes til det siste kompresjonstrinnet og trykkavlaste væsken.

Pumpe minst en del av kondensatet fra det første kompresjonstrinnet til tilførselstrykket til det andre kompresjonstrinnet og blande dem med gassen som kommer fra dette andre kompresjonstrinnet.

Når prosessen er ment å kondensere naturgass inneholdende nitrogen, blir den kondenserte naturgassen fra avkjølingen etter at nitrogenet er fjernet, underkjølt ved varmeveksling med kondensert naturgass som er trykkavlastet, men hvor ikke nitrogenet er fjernet.

Når prosessen er ment for kondensasjon av naturgass inneholdende nitrogen, skjer det en preliminær nitrogenfjerning fra naturgassen i en ytterligere kolonne, hvor en del av den kondenserte naturgassen som har gjennomgått denne preliminære nitrogenfjerningen trykkavlastes til et mellomliggende trykk, denne væsken som er trykkavlastet ved avkjøling av toppen av den ytterligere kolonnen blir fordampet, noe som danner en forbrennbar gass ved mellomliggende trykk, denne forbrennbare gassen sendes til en gassturbin som driver kompressoren og resten av den kondenserte naturgassen som har gjennomgått preliminær nitrogenfjerning såvel som toppdampen av den ytterligere kolonnen, behandles i en endelig nitrogenfjerningskolonne under lavt trykk og danner kondensert naturgass hvor nitrogenet er fjernet, og som kan lagres i en beholder.

En annen hensikt med oppfinnelsen er en fluidumkjølingsinstallasjon i henhold til ingressen i det selvstendige krav 10, spesielt for kondensasjon av naturgass, anpasset for å utøve denne fremgangsmåten, og kjennetegnet ved de i karakteristikken til det selvstendige krav 10 angitte trekk.

I en spesiell utførelsesform utgjøres varmevekslerlinjen av to platevarmevekslere med samme lengde i serie, koblet til hverandre ved endeskallene og eventuelt sveiset sammen ende-til-ende.

Det vil nå bli beskrevet utførelsesformer av oppfinnelsen med henvisning til de medfølgende tegninger.

Figur 1 viser skjematisk et naturgasskondensasjonsanlegg i henhold til foreliggende oppfinnelse.

Figur 2 viser skjematisk en annen utførelsesform av anlegget i henhold til oppfinnelsen.

Figur 3 viser mer detaljert et element til anlegget i figur 2.

Figur 4 viser skjematisk en del av en variasjon av anlegget i figur 1.

Figur 5 viser skjematisk en variant av den kalde delen av anlegget i figurene 1 og 2.

Figur 6 viser skjematisk en annen variant av anlegget i henhold til oppfinnelsen.

Naturgasskondensasjonsanlegget vist i figur 1 innbefatter i hovedsak: en enkelt kompressorsyklus 1 i tre trinn 1A, 1B og 1C, hvor hvert trinn føres via respektive ledninger 2A, 2B og 2C til respektive kjølere 3A, 3B og 3C, avkjølt med sjøvann, og dette vannet har en temperatur i størrelsesorden +25 til +35°C, en pumpe 4, en destillasjonskolonne 5 med flere teoretiske plater, separasjonsbeholdere 6B, 6C hvis topper kommuniserer henholdsvis med sugesiden av trinnene 1B og 1C, en varmevekslerlinje 7 innbefattende to varmevekslere i serie, nemlig en "varm" veksler 8 og en "kald" veksler 9, en mellomliggende separasjonsbeholder 10, en ytterligere kjølevæskekrets 11, en ytterligere varmeveksler 12, en nitrogenfjernekolonne 13 og et lager for kondensert naturgass (LNG) 14.

Utløpet fra kjøleren 3A føres inn i separatoren 6, hvis bunn er koblet til sugesiden av pumpen 4 som føres inn i ledningen 2B. Utløpet fra kjøleren 3B står i forbindelse med kolonnen 5, og bunnen av separatoren 6C er forbundet ved hjelp av tyngdekraften gjennom en hevert 15 og en reguleringsventil 16, til toppen av kolonnen 5.

Varmevekslerne 8, 9 er rektangulære varmevekslere med aluminiumsplater, eventuelt loddet med en motstrøm av fluidum i varmevekslingsforhold, og har samme lengde. Hver av

varmevekslerne har nødvendige ledninger som sikrer at driften er som beskrevet i det etterfølgende.

Kjølemiddelblandingene som utgjøres av C1 til C5 hydrokarboner og nitrogen, kommer ut fra toppen (den varme enden) av varmeveksleren 8 i en gassformig tilstand, og ankommer via en ledning 17 til sugesiden av det første kompressortrinnet 1A.

Den blir derved komprimert til et første mellomliggende trykk P1, i størrelsesorden 8 til 12 bar, deretter avkjølt til området +30 til +40°C i 3A og adskilt i to faser i beholderen 6B. Dampfasen komprimeres til et andre mellomliggende trykk P2, i størrelsesorden 14 til 20 bar i 1B, mens væskefasen tas opp til samme trykk P2 av pumpen 4 og føres inn i ledningen 2B. Blandingen av de to fasene blir avkjølt og delvis kondensert i 3B, deretter destillert i kolonnen 5.

Væsken i kolonnen 5 utgjøres av en første kjølemiddelvæske anpasset til å sikre hoveddelen av avkjølingen i den varme varmeveksleren 8. Denne væsken blir derfor innført fra siden, via et innløp 18, i den øvre delen av denne veksleren, underkjølt i kanalene 19 mens den strømmer til den kalde enden av varmeveksleren, til området -20 til -40°C, føres ut sideveis via et utløp 20, trykkavlastes til cykelens lavtrykk, som er i størrelsesorden 2.5 til 3.5 bar, i en trykkavlastningsventil 21, og føres inn i to-fase form ved den kalde enden av den samme varmeveksleren via et innløp 22 og en passende fordelingsanordnding, for å fordampe i lavtrykkskanalene 23 til varmeveksleren.

Toppdampen fra kolonnen 5 avkjøles og kondenseres delvis i kanalene 24 i varmeveksleren 8 til en mellomliggende temperatur markert lavere enn omgivende temperatur, for eksempel +5 til +10°C, og føres deretter inn i beholderen 6C. Væskefasen strømmer som en returstrøm tilbake ved hjelp av tyngdekraften, via heverten 15 og ventilen 16, til toppen av kolonnen 5, mens dampfasen komprimeres til cykelens høytrykk,

i størrelsesorden 40 bar, i 1C, og føres deretter tilbake, i området +30 til +40°C, i 3C. Denne dampfasen blir deretter avkjølt fra den varme enden til den kalde enden av varmeveksleren 8 i høytrykkskanalene 25, og adskilt i to faser i 10.

For å fullstendiggjøre avkjølingen av varmeveksleren 8, er det mulig, som vist ved den stiplede linjen, å underkjøle endel av væsken oppsamlet i 6B til en mellomliggende temperatur, deretter fjerne den sideveis fra varmeveksleren, trykkavlaste den til det lave trykket i trykkavlastningsventilen 26, og føre den inn igjen sideveis i varmeveksleren for å fordampe den i den mellomliggende delen av lavtrykkskanalene 23.

Avkjølingen av varmeveksleren 9 oppnås ved hjelp av fluidum ved høyt trykk på følgende måte.

Væsken oppsamlet i 10 underkjøles i den varme delen av varmeveksleren 9, i kanalene 27, og fjernes deretter fra varmeveksleren, trykkavlastes til et lavt trykk i en trykkavlastningsventil 28, føres inn igjen i varmeveksleren og fordampes i den varme delen av lavtrykkskanalene 29 til sistnevnte. Dampfasen som kommer ut fra separatoren 10 avkjøles, kondenseres og underkjøles fra den varme enden til den kalde enden av varmeveksleren 9, og den derved dannede væsken trykkavlastes til lavt trykk i trykkavlastningsventilen 30 og føres tilbake ved den kalde enden av varmeveksleren for å fordampe i den kalde delen av lavtrykkskanalene 29, og føres deretter sammen med det trykkavlastede fluidet i 28.

Naturgassen, i området +20°C etter tørking, føres via en ledning 31, sideveis inn i varmeveksleren 8 og avkjøles når den passerer til den kalde enden av sistnevnte gjennom kanalene 32.

Ved denne temperaturen tilføres naturgassen til apparatet 33 for fjerning av C2 til C5 karboner, og blandingen som blir igjen, som i det vesentlige utgjøres av metan og nitrogen, med en liten mengde etan og propan, oppdeles i to strømmer: en første strøm, avkjølkt, kondensert og underkjølt fra den varme enden til den kalde enden av den ytterligere varmeveksleren 12, deretter trykkavlastes til området 1.2 bar ved en trykkavlastningsventil 34, og en andre strøm, avkjølt, kondensert og underkjølt fra den varme enden til den kalde enden av varmeveksleren 9 i kanalene 35, underkjølt nok en gang fra ca. 8°C til 10°C i en spole 36 som danner en destillasjonsbeholder til kolonnen 13, og trykkavlastes til området 1.2 bar i en trykkavlastningsventil 37. De to trykkavlastede strømmene føres deretter sammen igjen og føres som en returstrøm til toppen av kolonnen 13, som derved sikrer nitrogenfjerning fra naturgassen. Væsken i denne kolonnen utgjøres av nitrogenfjernet LNG dannet av installasjonen og som tilføres lagringsbeholderen 14, mens toppdampen gjenoppvarmes fra -20 til -40°C ved å føre den fra den kalde enden til den varme enden av varmeveksleren 12 og tilføres via en ledning 38 til "brenngass" reservoiret som skal brennes eller anvendes i en gassturbin i installasjonen som virker til å drive kompressoren 1.

Det bør legges merke til at en ytterligere fraksjonering av naturgassen kan skje i varmeveksleren 9 ved en temperatur som tillater gjenvinning av ytterligere mengder C2 og C3 hydrokarbonder i apparatet 33.

Slik det har vært vist, ved å ta i betraktning den betydelige utløpsmengden som oppnås ved en slik installasjon, kan det være ønskelig å trykkavlaste en del av de kalde væskene i væsketurbiner eller "ekspandere" 39 for kjøling, såvel som produksjon av endel av den nødvendige elektriske energien. I tillegg kan den varmeste delen av varmeveksleren 8 brukes til å avkjøle en passende væske, spesielt pentan, fra ca +40°C til +20°C som sirkuleres i kanalene 40 til varmeveksleren ved

en pumpe 41 og virker til å kjøle andre deler av installasjonen, for eksempel den rå naturgassen som skal tørkes før den behandles i kondensasjonsanlegget. Denne sirkulasjonen av væske utgjøres av kjølekretsen 11 angitt over.

Utstyret beskrevet over tillater samtidig akselerasjon av kondensasjonen av blandingen som kommer ut fra det andre kompresjonstrinnet 1B, på grunn av injeksjonen av væske i ledningen 2B ved hjelp av pumpen 4 og forenkling av varmeveksleren 8 dersom hele væsken i beholderen 6B pumpes, og gjør det også mulig å oppnå en høytrykksblanding tilstrekkelig fri for tunge komponenter. Mer presist, i det angitte eksemplet, kan nesten alle C5 hydrokarbonene og hoveddelen av C4 hydrokarbonene fordampes totalt ved den varme enden av kanalene 29 til den kalde varmeveksleren 9. Dette gir en viktig fordel ved at kanalene kan føres inn i den øvre kuppel (dome) 42 til varmeveksleren 9 som kommuniserer direkte med en nedre kuppelen 43 til varmeveksleren 8, uten at det er nødvendig med noen to-fase gjenfordeling ved kuttet mellom de to varmevekslerne, og installasjonen kan ytterligere forenkles ved å sveise de to varmevekslerne 8 og 9 ende til ende.

Det bør også legges merke til at sugesiden til kompressortrinnet 1C ved en relativt kald temperatur er hensiktsmessig for å utføre sistnevnte. Kuttet i området -20°C til -40°C tilnærmet mellom de to varmevekslerne, tilsvarer videre til varmeveksleroverflater av samme størrelsesorden over og under denne oppdelingen, slik at de to varmevekslerne 8 og 9 med maksimal lengde kan anvendes ved optimale termiske betingelser og en enkelt separasjonsbeholder 10, ved delingen angitt over, for høytrykksvæsken.

Det er innforstått at kontrollen av temperaturen og trykket +5 til +10°C (14 til 20 bar) til kjølevæsken ved toppen av kolonnen 5 gjør at det kan oppnås en enfasegass samtidig ved utløpet av kjøleren 3C og utløpet (42) til den kalde

varmeveksleren 9 (ved -20°C til -40°C tilnærmet, 2.5 til 3.5 bar).

Det bør legges merke til at i praksis er N varmevekslere 8 montert i parallell og N varmevekslere 9 i parallell.

Installasjonen vist i figur 2 er kun forskjellig fra den i figur 1 ved at det mellom kompresjonstrinnene 1B og 1C er et annet mellomliggende kompresjonstrinn 1D såvel som den måten returstrømsvæsken i kolonne 5 blir avkjølt på.

Kjøleren 3B fører inn i en separasjonsbeholder 6D, hvis dampfase mates til trinnet 1D. Utløpet fra sistnevnte avkjøles av en kjøler 3D og føres deretter inn i bunnen av kolonnen 5. Væsken i beholderen 6D utgjør en ytterligere kjølevæske underkjølt i ytterligere kanaler 45 tilveiebragt i den varme delen av varmeveksleren 8, kommer ut fra sistnevnte trykkavlaster til det lave trykket ved en trykkavlastningsventil 46 og føres inn igjen i varmeveksleren for å fordampes i den mellomliggende delen av lavtrykkskanalene 23.

Videre sendes toppdampen fra kolonnen 5 direkte til sugesiden av det siste kompresjonstrinnet 1C, og fluidum ved høyt trykk sendes til enden av deflegmatoren 47 som er avkjølt ved sprøyting av sjøvann over vertikale rør 48. Hoveddelen av de tyngre elementene oppsamles ved bunnen av deflegmatoren, trykkavlastes i en trykkavlastningsventil 49 og føres som en returstrøm ved toppen av kolonnen 5, og toppdampen fra deflegmatoren danner, som før, høytrykkskjølemidlet som avkjøles ved å føre det til den kalde enden av varmeveksleren 8, deretter etter separasjon av fasene i 10, når den føres til den kalde enden av varmeveksleren 9.

Figur 3 representerer en utførelsesform av en varmeveksler som kan anvendes som en mellomkjøler 3B. Denne varmeveksler inneholder en rist 50 hvor visse antall vertikale rør 51 åpner sone to ender, strekker seg mellom en øvre plate 52 og

en nedre plate 53. Mellom disse to platene og på utsiden av rørene er det montert et visst antall horisontale forhindringer 54.

Kjølevann kommer inn gjennom en nedre åpning 55 ved platen 53 og strømmer oppover gjennom rørene 51 og evakueres gjennom en øvre kanal 56. To-faseblandingen som tilføres av ledningen 2B kommer inn sideveis i slissen under platen 52 og synker ned langs forhindringene og føres deretter ut i utløpsrøret 57 til varmeveksleren plassert litt over platen 53.

Dette utstyret muliggjør en tilfredsstillende homogenisering av to-faseblandingen under dens avkjøling, og en forbedring av akselerasjonen av kondensasjonen i det andre trinnet til kompressoren 1 oppnås ved kretsen innbefattende pumpen 4.

Figur 4 representerer en ytterligere variasjon av destillasjonskolonnen 5. Ved denne variasjonen blir toppdampen fra kolonnen gjenoppvarmet flere grader celsius i en ytterligere varmeveksler 58 og sendes deretter til sugesiden av det siste kompresjonstrinnet 1C. Høytrykksfluidet, etter avkjøling og delvis kondensasjon i 3C til området +30 til +40°C adskilles i to faser i en separatorbeholder 59. Dampen fra denne beholderen utgjør høytrykkskjølemiddelfluidet, mens væskefasen etter underkjøling ved flere grader celsius i varmeveksleren 58 trykkavlastes i en trykkavlastningsventil 49 som i figur 2, og føres deretter som en returstrøm til toppen av kolonnen 5.

Det bør legges merke til at denne variasjonen kan anvendes for en installasjon med enten tre eller fire kompresjonstrinn. I tillegg er underkjøleren 58 valgfri.

Uansett hvilken utførelsesform som betraktes, bør nitrogenfjerningskolonnen 13 arbeide i området 1.15 bar til 1.2 bar og LNG hvor nitrogen er fjernet som kommer ut fra beholderen til denne kolonnen, er derfor trykkavlastet til atmosfærisk

trykk ved innløpet av lageret 14 som danner flashgass. Denne gassen, såvel som gassen som resulterer fra varme som lekker inn i lageret 14, må deretter innfanges og komprimeres med en ytterligere kompressor, slik at den kan tilføres "brenngass" reservoiret. Figur 5 viser et arrangement som muliggjør utelatelse av den ytterligere kompressoren, i hvilket tilfelle LNG som kommer ut fra varmeveksleren 9 inneholder flere prosent nitrogen.

LNG som kommer fra varmeveksleren 9 underkjøles i spolen 36 til kolonnen 13 og blir med en gang underkjølt igjen i en ytterligere varmeveksler 60. Væsken kan deretter trykkavlastes til 1.2 bar i trykkavlastingsventilen 37 og turbinen 39, deretter oppdeles i to strømmer, en strøm som fordampes i varmeveksleren 60 og deretter føres inn ved et mellomliggende nivå i kolonnen 13, og en strøm sendes som returstrøm til toppen av sistnevnte.

Væsken i kolonnen 13, som er LNG uten nitrogen, blir deretter for hvert lager oppdelt i to strømmer, hvorav en underkjøles i varmeveksleren 60 mens den andre føres inn i en gren 61 for å regulere den totale underkjølingsgraden, sirkulasjonen av væsken sikret av en pumpe 62.

På denne måten er det væsken som er underkjølt til ca. 2°C som tilføres lagrene 14, noe som i praksis undertrykker all avdunstning ved innløpet til disse lagrene og all fordamping som skyldes inntrengning av varme i løpet av tiden. Det er altså forskjellen i sammensetningen av LNG før og etter denitrogenfjerningen som gjør det mulig å oppnå en slik underkjøling i varmeveksleren 60.

På samme måte har toppdampen i kolonnen 5 generelt tilstrekkelig nok metan til å kunne gjenvinnes som sådan for "brenngass" på den måten som er angitt over. Det er derved nødvendig å tilveiebringe en ytterligere kompressor av denne årsak. Dersom videre kompressorsyklen 1 drives av en

gassturbin, er det nødvendig å mate sistnevnte med en forbrennbar gass med et trykk i størrelsesorden 20 til 25 bar, noe som fører til installasjon av en ytterligere kompressor med en viss kraft. Arrangementet i figur 6 viser hvordan behovet for en slik ytterligere kompressor kan unngås.

I figur 6 anvendes en ytterligere preliminær nitrogenfjerningskolonne 63 under trykket til naturgassen, tilveiebragt med en toppkondensator 64.

Den delen av naturgassen som kommer fra apparatet 33 som behandles i varmeveksleren 12, blir kun avkjølt der til en mellomtemperatur T1, og føres deretter inn i kolonnen 63 via en ledning 65, mens resten av denne naturgassen avkjøles i varmeveksleren 9 til en mellomtemperatur T2 lavere enn T1 og føres deretter inn i et mellomnivå i samme kolonne via en ledning 66.

Avkjølingen av kondensatoren 64 skjer ved å frigjøre trykket til endel av væsken i kolonnen til området 25 bar i en avtrykkavlastningsventil 67. Gassen fra denne fordampningen har samme sammensetning som væsken i kolonnen, d.v.s. inneholder en lav andel nitrogen og utgjør derved en forbrennbar gass under 25 bar, som direkte kan anvendes via en ledning 68 i gassturbinen 69.

Resten av væsken i kolonne 63 blir etter underkjøling, delvis i den kalde delen av varmeveksleren 9 og spolen 36 til kolonnen 13, og delvis i den kalde delen av varmeveksleren 12, trykkavlastet i henholdsvis 37 og 70 og ført ved et mellomnivå inn i kolonnen 13. Toppdampen i kolonnen 63, inneholdende 30 - 35% nitrogen, avkjøles og kondenseres i den kalde delen av varmeveksleren 9. underkjøles i den kalde delen av varmeveksleren 12 og etter trykkavlastning i en trykkavlastningsventil 71, føres som en returstrøm til toppen av kolonnen 13.

Nitrogenanrikingen av vaskevæsken i kolonnen 13 har som en konsekvens at nitrogendampen i denne kolonnen har tilstrekkelig lite metan, for eksempel inneholdende 10 - 15% metan som kan slippes til atmosfæren via ledningen 38 etter gjenoppvarming i 12.

De to restgassene som dannes, hvorav en rik på metan og under 25 bar og mates til gassturbinen og den andre ved lavt trykk og lite metan ikke blir gjenvunnet.

Som vist i figur 6, kan en fraksjon av naturgassen som skal behandles i ledningen 31 avkjøles i den varme delen av varmeveksleren 12 før den sendes til apparatet 33.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte for avkjøling av et fluid, spesielt for kondenseringen av naturgass, av den typen som har en integrert inkorporert kaskade, hvorved:

a) en kjølemiddelblanding bestående av bestanddeler med forskjellig flyktighet komprimeres i minst to trinn (1A, 1B; 1A, 1B, 1D),

b) hvorved etter minst hver av kompresjonstrinnene (1A, 1B; 1A, 1B, 1D) blandingen er delvis kondensert ved hjelp av flytende kjølemiddel som er tilgjengelig på stedet, spesielt vann, og minst noen av de kondenserte fraksjonene og også høytrykksgassfraksjonene avkjøles, (i 19 eller 25) trykkavlastes (i 21 og 26 eller i 21 og 46), bringes i varmevekslende forhold med en fluid som skal avkjøles (i 23 eller 32), og så komprimeres igjen,

c) og at blandingen som kommer fra det nest siste kompresjonstrinn (1B; 1D) destilleres i en destillasjonskolonne (5), hvis topp er avkjølt med en væske, for først å danne kondensatet fra det nest siste trinnet, og for det andre danne en dampfase som blir sendt til det siste kompresjonstrinnet (1C) der denne blir komprimert før den benyttes som en høytrykks gassfraksjon,

k a r a k t e r i s e r t v e d at:

- det under trinn b) og ved det nest siste kompresjonstrinn, blir utført en kjøling av nevnte blanding, før denne tilføres til destillasjonskolonnen (5), og at
- under trinn c) blir toppen av destillasjonskolonnen (5) avkjølt med nevnte væske ved å innføre denne væsken på toppen av den aktuelle kolonne, ved en temperatur som er lavere enn det væskeformede kjølemidlet.

2.

Fremgangsmåte i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at dampen som kommer ut av toppen av

destillasjonskolonnen (5) er avkjølt og delvis kondensert ved hjelp av varmeveksling (i 24) med i det minste de nevnte avlastede fraksjonene som er tilveiebragt for å sirkulere i en varmeveksler (8), for å oppnå en dampfase og en væskefase, og hvorved toppen av destillasjonskolonnen (5) blir kjølt med væskefase som derved oppnås (i 6C), hvorved dampfasen danner den nevnte dampfasen som blir sendt til det siste kompresjonstrinn.

3.
Fremgangsmåte i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at gassen avledet fra siste kompresjonstrinn (1C) er avkjølt og delvis kondensert til nærheten av temperaturen til det væskeformede kjølemidlet (i 47 i figur 2 og i 3C i figur 4), hvorved trykket for væskefasen som blir oppnådd er avlastet (i 49), og at toppen av desatillasjonskolonnen (5) er avkjølt med den på denne måte trykkavlastede væskefase.

4.
Fremgangsmåte i henhold til krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at det skjer en defusilering av gassen avledet fra det siste kompresjonstrinn (1C) under gassens kjøling.

5.
Fremgangsmåte i henhold til ett av kravene 3 - 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at en indirekte varmeveksling blir utført (i 58) mellom væsken som resulterer fra kjølingen av gassen avledet fra det siste kompresjonstrinnet (1C) og dampen som kommer fra toppen av destillasjonskolonnen (5) før denne dampen sendes til det siste kompresjonstrinnet (1C), og nevnte væske trykkavlastes (i 49).

6.
Fremgangsmåte i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at minst en del

av kondensatet fra det første kompresjonstrinnet (1A) blir pumpet (i 4) til utgangstrykket for det andre kompresjonstrinnet (1B), og blandes (i 2B) med gass avledet fra dette andre kompresjonstrinn.

7.

Fremgangsmåte i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 6, for kondensering av naturgass som inneholder nitrogen, k a r a k t e r i s e r t v e d at den kondenserte naturgassen fra kjølingen (i 7, 8) blir underkjølt (i 60) så denitrifisert (i 13) ved varmeveksling med den ikke-denitrifiserte kondenserte naturgassen som trykkavlastes (i 37).

8.

Fremgangsmåte i henhold til et hvilket som helst av kravene 1 til 7, for kondensering av naturgass som inneholder nitrogen, k a r a k t e r i s e r t v e d at en primær denitrering av naturgassen utføres (i 63) under dens behandlingstrykk i en hjelpekolonne (63), endel av den kondenserte naturgassen avlastes til et mellomtrykk (i 67) etter å ha gjennomgått denne primære denitrifikasjon, den slik avlastede væske fordampes ved å avkjøle toppen (64) av hjelpekolonnen, som produserer en gass som er brennbar ved mellomtrykk, hvoretter denne brennbare gassen blir sendt til en gassturbin (70) for drift av kompressoren (1), og det gjenværende av den fordampede naturgassen som har undergått primær denitrifikasjon, såvel som toppdampen til hjelpekolonnen (63) blir behandlet i en siste denitrifikasjonskolonne (13) ved lavt trykk og som produserer den denitrifiserte kondenserte naturgassen i beholderen som er tiltenkt å lagres (i 14).

9.

Fremgangsmåte i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at kjølingen av nevnte blanding blir utført i en kjøleanordning som er kjølt av nevnte tilgjengelige kjølefluid, og at nevnte blanding er delvis kondensert i nevnte kjøleanordning.

10.

En fluidkjølingsinstallasjon, spesielt for kondensasjon av naturgass, som innbefatter:

- en avkjølingskrets som har en integrert inkorporert kaskade hvori en kjøleblanding sirkulerer og som innbefatter en kompressor (1) som har minst to trinn (1A til 1C) ved hvilken minst det (de) mellomliggende trinn (1A, 1B; 1A, 1B, 1D) er tilveiebragt med en kjølekolonne (3A, 3B; 3A, 3B, 3D) kjølt av et væskeformet kjølemiddel tilgjengelig på stedet, spesielt vann, for delvis å kondensere blandingen,
- en destillasjonskolonne (5) som blir forsynt av kompressorens nest siste trinn (1B; 1D) hvis topp er forbundet til sugesiden av det siste trinnet (1C) av kompressoren,
- anordninger (24, 6C; 47, 48, 49; 58, 59, 3C) til kjøling av toppen av destillasjonskolonnen (5) ved hjelp av en væske,
- og en varmevekslerlinje (7, 8),

k a r a k t e r i s e r t v e d at for å kjøle den nevnte væske tiltenkt for kjøling av toppen av destillasjonskolonnen (5) til en temperatur lavere enn temperaturen av det væskeformede kjølemidlet:

- er kjøleanordningen (3B, 3D), med hvilken det nest siste trinn (1B) av kompressoren er tilveiebragt, plassert mellom dette nest siste trinn av kompressoren (1B) og destillasjonskolonnen (5), og
- nevnte kjølemidler for toppen av destillasjonskolonnen (5) innbefatter:
  * en kjøleanordning (24, 6C; 47, 48, 49; 58, 59, 3C) istand til å kjøle nevnte væske tiltenkt kjøling av toppen av destillasjonskolonnen (5) til en temperatur som er lavere enn nevnte temperatur for det væskeformede kjølemidlet, og
  * midler (15) for å innføre nevnte avkjølte væske i toppen av nevnte kolonne.

11.
Installasjon i henhold til krav 10, karakterisert ved at kjøleanordningen (24, 6C; 47, 48, 49; 58, 59, 3C) innbefatter kondenseringsmidler (24; 47, 48; 3C) for avkjøling av dampfasen, som er fremstilt i destillasjonskolonnen og kommer ut fra dennes topp, til en temperatur som er lavere enn kjølemidlets temperatur, for å danne væsken tiltenkt kjøling av toppen av denne destillasjonskolonne.

12.
Installasjon i henhold til krav 10 eller 11, karakterisert ved at kjøleanordningen innbefatter varmevekslepassasjer (24) som går gjennom det varme partiet (8) av varmevekslerlinjen (7), og en separerende beholder (6C), ved hvilken bunnen er forbundet til toppen av destillasjonskolonnen (5), og toppen til sugesiden av det siste kompresjonstrinnet (1C).

13.
Installasjon i henhold til ett av kravene 10 eller 11, karakterisert ved at nevnte kjøleanordning (47, 49) innbefatter midler (3C; 47) for kjøling, av gassen avledet fra det siste trinnet (1C) av kompressoren (1) til nærheten av temperaturen til det væskeformede kjølemidlet, og en trykkreduksjonsventil (49) for væsken avledet fra disse kjøleinnretningene, og hvor utgangen av denne ventilen er forbundet til toppen av destillasjonskolonnen (5).

14.
Installasjon i henhold til krav 13, karakterisert ved at nevnte kjøleinnretninger (47) for nevnte gass innbefatter en deflegmator.

15.

Installasjon i henhold til krav 13 eller 14, k a r a k t e r i s e r t v e d at det er anordnet en hjelpevarmeveksler (58) for å bringe væsken avledet fra kjøleanordningene (47) av nevnte gass og dampen som kommer ut fra toppen av destillasjonskolonnen (5) inn i et indirekte varmevekslerforhold.

16.
Installasjon i henhold til et hvilket som helst av kravene 10 til 15, k a r a k t e r i s e r t v e d at en separerende beholder (6B) er anbragt mellom kjøleanordningen (3A) for det første trinn (1A) av kompressoren (1) og det andre trinn (1B) av denne kompressoren, og ved at en pumpe (4) er tilveiebragt, hvis sugeside er forbundet til bunnen av den separerende beholderen (6B), og hvorved leveringen er forbundet til leveringen fra kompressorens andre trinn.

17.
Installasjon i henhold til et hvilket som helst av kravene 10 til 16, for kondensasjon av naturgass som inneholder nitrogen, k a r a k t e r i s e r t v e d at den innbefatter en denitrifiseringskolonne (13) og en underkjølingsvarmeveksler (60) som er istand til å underkjøle den denitrerte kondenserte naturgassen avledet fra beholderen av denne kolonnen ved varmeveksling med den ikke-denitrifiserte naturgassen som er trykkavlastet (i 37).

18.
Installasjon i henhold til et hvilket som helst av kravene 10 til 16, for kondensasjon av naturgass som inneholder nitrogen, k a r a k t e r i s e r t v e d at den innbefatter en denitrifikasjonskolonne (63) forsynt med naturgass under dennes behandlingstrykk og som innbefatter en toppkondensator (64) forsynt av kolonnens beholdervæske som blir avlastet (i 67) til et mellomtrykk, en gassturbin (69) forsynt av gassen som er et resultat av fordampingen av denne beholdervæsken, og en lavtrykks sluttdenitrifiserings-

kolonne (13) som i sin bunn produserer den denitrifiserte kondenserte naturgassen som er tiltenkt å lagres (i 14).

19.

Installasjon i henhold til et hvilket som helst av kravene 10 til 18, k a r a k t e r i s e r t v e d at varmeveksler-linjen (7) er utformet av to platevarmeveklsere (8, 9) i serie, forbundet ende-til-ende med endekupler (42, 43).

20.

Installasjon i henhold til et hvilket som helst av kravene 10 til 18, k a r a k t e r i s e r t v e d at varmeveksler-linjen (7) innbefatter to platevarmevekslere (8, 9) i serie, og som er butt-sveiset.

FIG.1

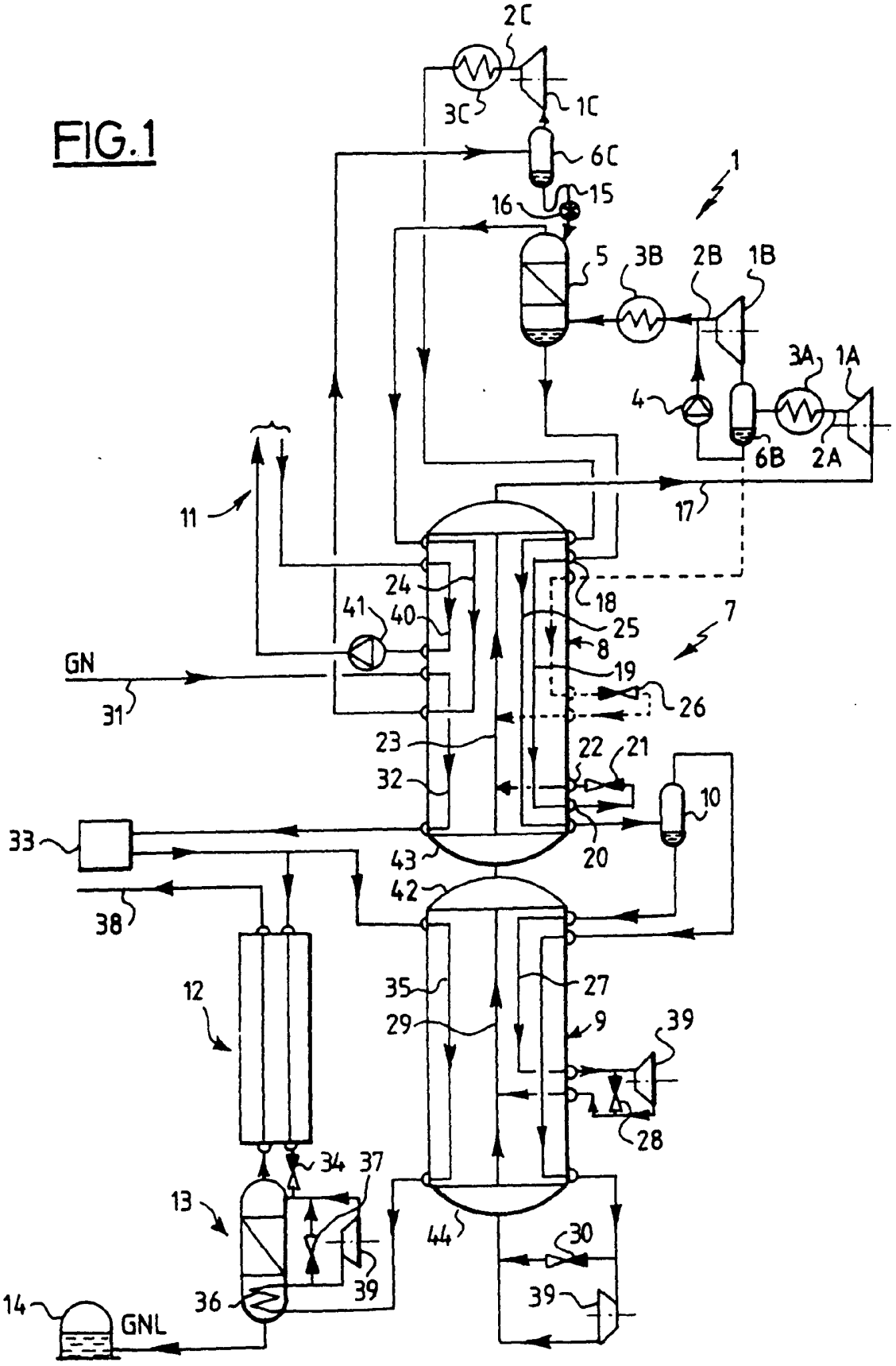
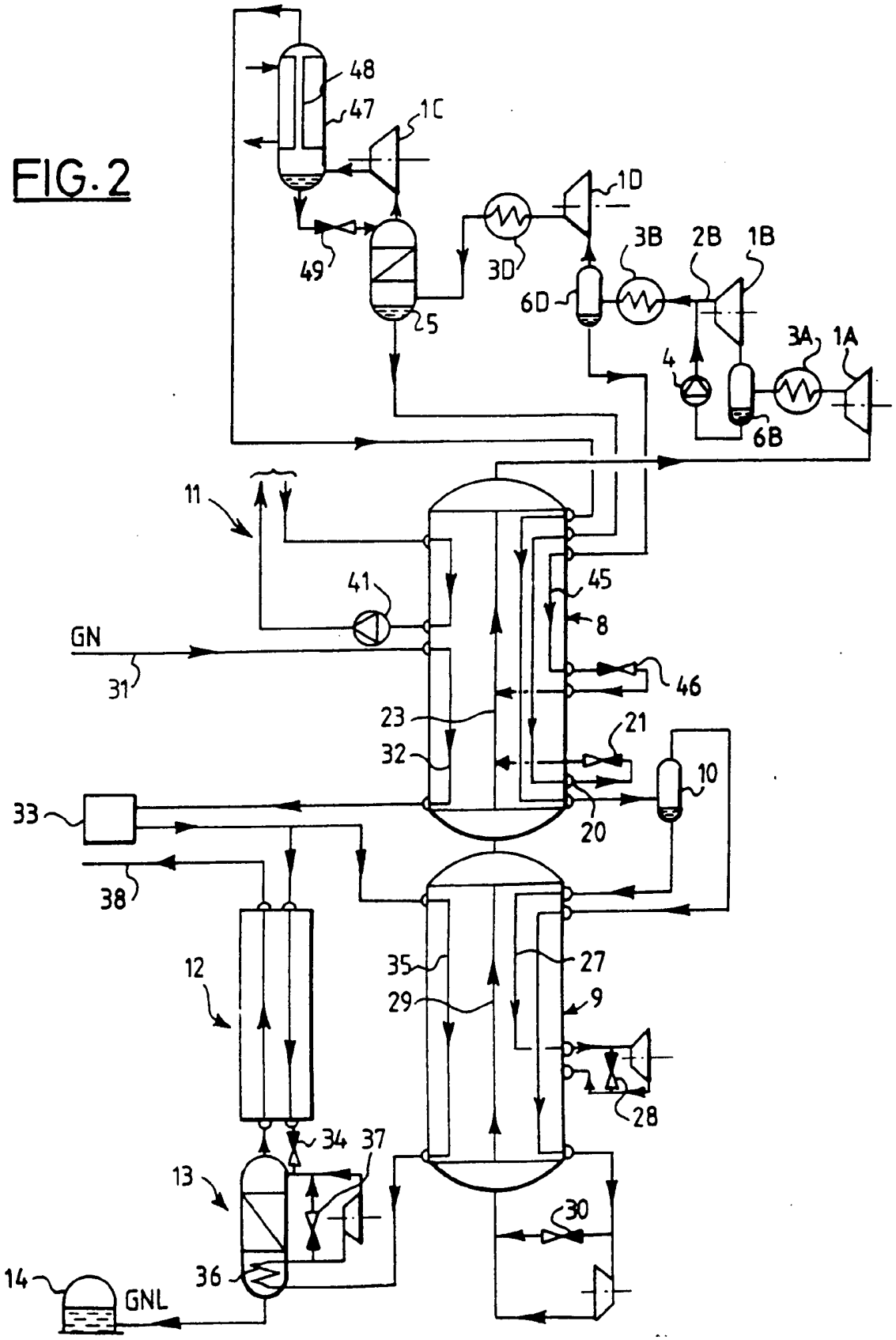

2C
3C
1C
6C
1
16
15
5
3B
2B
1B
3A
1A
4
6B
2A
11
17
24
18
41
40
25
7
8
GN
19
31
26
23
22
21
32
10
33
43
20
42
38
12
35
27
29
9
39
28
34
37
13
44
30
36
39
14
GNL

FIG.2


48
47
1C
1D
49
3D
3B
2B
1B
6D
5
3A
1A
4
6B
11
41
45
8
GN
31
46
23
21
32
10
33
20
38
12
35
27
29
9
28
34
37
13
30
14
36
GNL

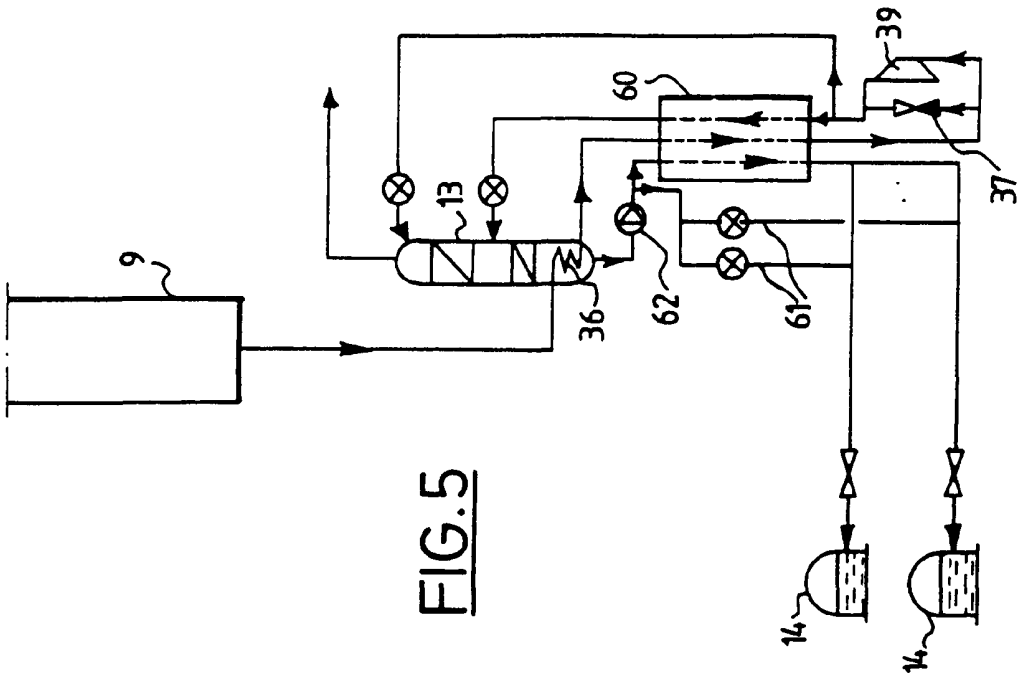


FIG.5

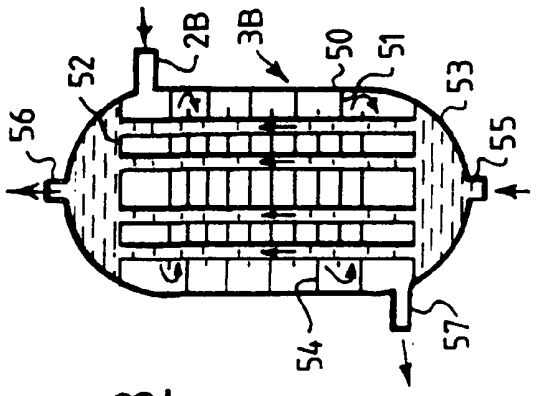


FIG.3

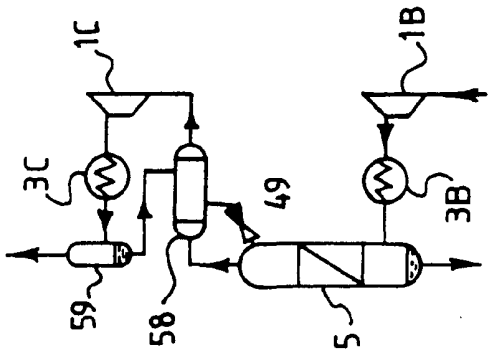


FIG.4

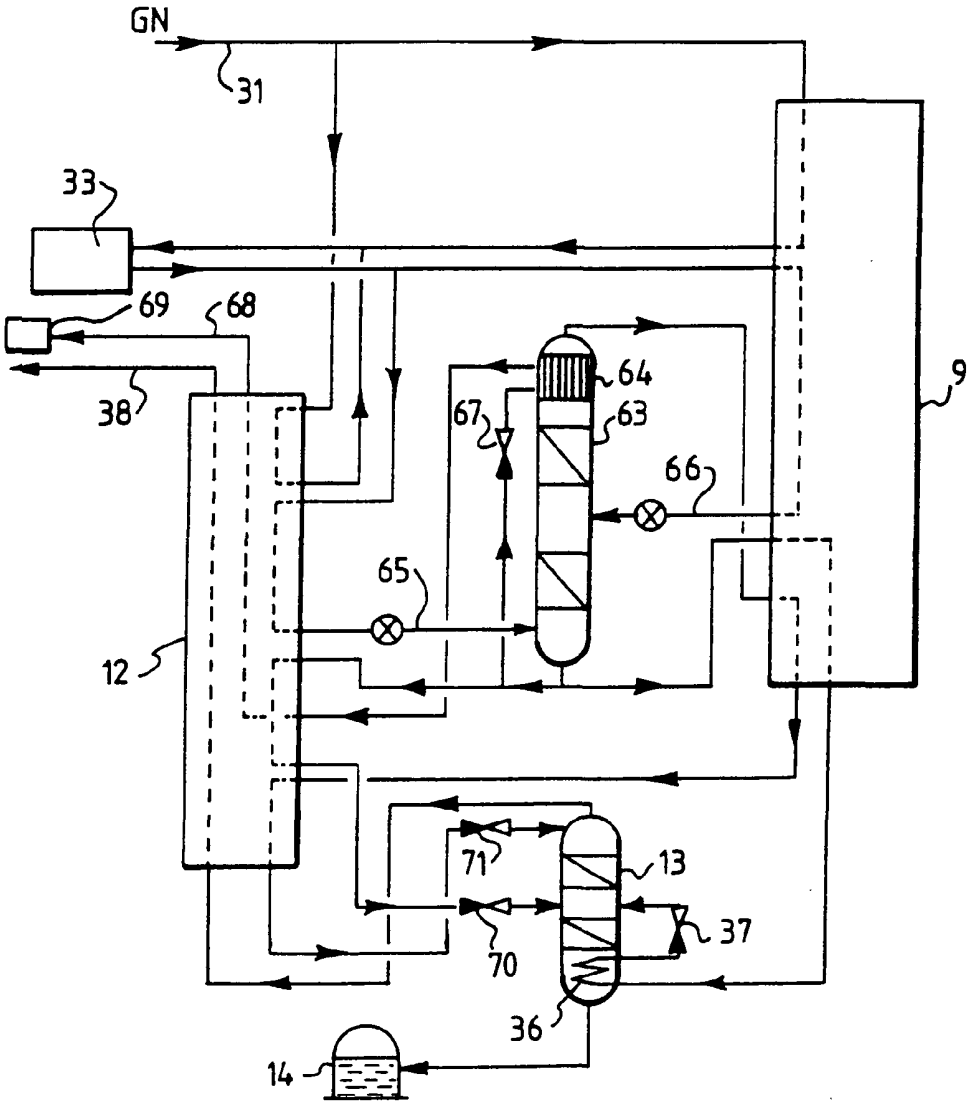


FIG. 6