



# Patentschrift **25 59 305**

⑪

⑫

⑬

⑭

⑮

⑯

Aktenzeichen: P 25 59 305.9-33

Anmeldetag: 31. 12. 75

Offenlegungstag: 7. 7. 77

Bekanntmachungstag: 4. 10. 79

Ausgabetag: 26. 6. 80

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

—

⑤④

Bezeichnung: Meeres-Kernkraftwerk

⑦③

Patentiert für: Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd., Osaka (Japan)

⑦④

Vertreter: Stach, H., Dipl.-Chem. Dr., Pat.-Anw., 2000 Hamburg

⑦⑦

Erfinder: Nakanishi, Tetsuichiro, Osaka (Japan)

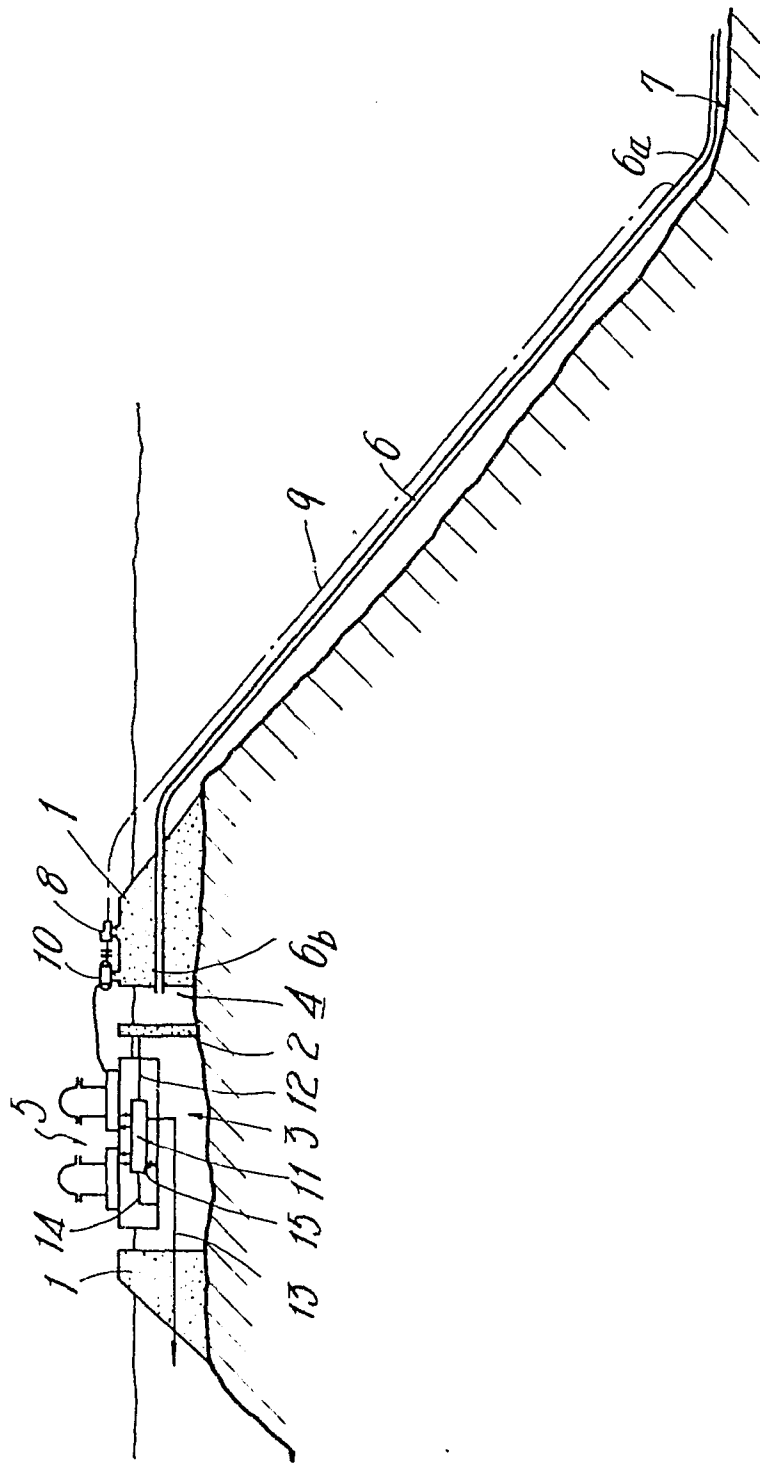
⑤⑥

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

IEE spectrum, Bd. 10, H. 2, Febr. 1973, S. 44-51

Kernenergie, 17. Jg., 1974, H. 7, S. 200-222

FIG. 1



## Patentansprüche:

1. Meeres-Kernkraftwerk mit einer Kernkraftanlage, die einen wassergekühlten Kernreaktor sowie eine durch den im Reaktor erzeugten Dampf angetriebene Dampfkraftmaschine umfaßt, und mit einer Kraftanlage zur Ausnutzung des Temperaturgefälles zwischen dem Meerwasser einerseits und dem Abdampf der Dampfkraftmaschine sowie dem heißen Reaktorkühlwasser andererseits, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftanlage (11) einen von der Kernkraftanlage (5) getrennten Arbeitsmedien-Kreislauf aufweist, der aus einem Wärmetauscher (16) zum Erhitzen des Arbeitsmediums durch das heiße Reaktorkühlwasser, einem Dampferzeuger (19) zum Verdampfen des erhitzten Arbeitsmediums durch den Abdampf der Dampfkraftmaschine der Kernkraftanlage (5), einer vom verdampften Arbeitsmedium angetriebenen Dampfkraftmaschine (24) und einem dieser nachgeschalteten, durch kaltes Meerwasser gekühlten Kondensator (25) besteht.

2. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitsmedienkreislauf ein Arbeitsmedium mit hinreichend unter dem Siedepunkt des Wassers liegenden Siedepunkt, insbesondere niedrigsiedende Fluorverbindungen oder Ammoniak, enthält.

3. Kraftwerk nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftanlage (11) zur Ausnutzung des Temperaturgefälles zusammen mit der Kernkraftanlage (5) an der Meeresoberfläche angeordnet ist und eine Unterwasserleitung und Vorrichtungen (9) zur Zuführung von kaltem Tiefseewasser durch die Unterwasserleitung vorgesehen sind.

4. Kraftwerk nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sammelbehälter (3) für das heiße Reaktorkühlwasser und ein Sammelbehälter (4) für das zugeführte kalte Tiefseewasser sowie Vorrichtungen (12, 14) zur Zuführung des kalten Tiefseewassers aus dem Sammelbehälter (4) bzw. des heißen Reaktorkühlwassers aus dem Sammelbehälter (3) zur Kraftanlage zur Ausnutzung des Temperaturgefälles vorgesehen sind.

5. Kraftwerk nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Blasenpumpvorrichtung (8, 9) zum Einführen von Druckluft in die Unterwasserleitung (6) vorgesehen ist.

6. Kraftwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (25) unter Wasser angeordnet ist.

7. Kraftwerk nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (25) und die Dampfkraftmaschine (24) mit mindestens einem zugeordneten elektrischen Generator (23) unter Wasser angeordnet sind und Wärmetauscher (16) und Dampferzeuger (19) über Wasser angeordnet sind.

8. Kraftwerk nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Dampfkraftmaschine (24) und der Generator (23) einerseits und der Kondensator (25) andererseits jeweils in getrennten hermetisch verschlossenen Behältern (32 bzw. 33) angeordnet sind.

9. Kraftwerk nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere vom heißen Reaktorkühlwasser nacheinander unter Erwärmung des Arbeitsmediums durchströmte Kraftanlagen (50-1, 50-2, 50-3) zur Ausnutzung des Temperaturgefälles vorgesehen sind.

10. Kraftwerk nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktorkühlwasser nach dem Austritt aus der die letzte Stufe bildenden Kraftanlage (50-3) zur Ausnutzung des Temperaturgefälles im Kreislauf zur Kühlung des Kernreaktors zurückgeführt wird.

Die Erfindung betrifft ein Meeres-Kernkraftwerk mit einer Kernkraftanlage, die einen wassergekühlten Kernreaktor sowie eine durch den im Reaktor erzeugten Dampf angetriebene Dampfkraftmaschine umfaßt, und mit einer Kraftanlage zur Ausnutzung des Temperaturgefälles zwischen dem Meerwasser einerseits und dem Abdampf der Dampfkraftmaschine sowie dem heißen Reaktorkühlwasser andererseits.

Aus der Publikation IEEE spektrum, Band 10, Heft 2, (Februar 1973) Seiten 44 bis 51 ist ein Kernkraftwerk bekannt, das einen geschlossenen Kreislauf zur Abführung der Reaktorwärme aus dem Reaktor aufweist. Dieses Kühlmittel ist jedoch durch den engen Kontakt mit den Reaktorbrandstoffen radioaktiv. Die Wärme aus dem ersten Kreislauf wird über Wärmetauscher an einen zweiten Kreislauf abgegeben, von dem über Kondensatoren erwärmtes Wasser in das Meer zurückgeführt wird. Auch die Publikation in »Kernenergie«, 17. Jahrgang (1974), Heft 7, beschreibt auf den Seiten 200 bis 222 ein Kraftwerk, an dessen Primärkreislauf über Wärmetauscher ein Sekundärkreislauf angeschlossen ist. Dieser Sekundärkreislauf dient zum Antrieb einer Turbine. Das zur Kondensierung des Kühlmittels im Sekundärkreislauf verwendete Wasser wird dem Meer entnommen.

Das zur Kondensierung verwendete Meereswasser wird in relativ heißem Zustand wieder in das Meer zurückgeleitet. Dies führt zu erheblichen Energieverlusten und zu einer unerwünschten Verunreinigung der angrenzenden Meeresbereiche durch das heiße Wasser.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Meereskernkraftwerk zu schaffen, bei dem die thermische Verschmutzung der angrenzenden Meeresgebiete möglichst gering gehalten wird.

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Meeres-Kernkraftwerk erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Kraftanlage einen von der Kernkraftanlage getrennten Arbeitsmedienkreislauf aufweist, der aus einem Wärmetauscher zum Erhitzen des Arbeitsmediums durch das heiße Reaktorkühlwasser, einem Dampferzeuger zum Verdampfen des erhitzten Arbeitsmediums durch den Abdampf der Dampfkraftmaschine der Kernkraftanlage, einer vom verdampften Arbeitsmedium angetriebenen Dampfkraftmaschine und einem dieser nachgeschalteten, durch kaltes Meerwasser gekühlten Kondensator besteht.

Durch diese Maßnahmen wird die Wärme des Sekundärkreislaufs dazu benutzt, in einem nachgeschalteten Kreislauf erneut Energie zu gewinnen. Diese letztendlich in Elektrizität umgewandelte Energie wird aus Wärme gewonnen, so daß die Wärmemenge, die an das Meerwasser wieder abgeführt werden muß, verringert wird. Als außerordentlich günstig erweist es

sich dabei, daß diese Verringerung der Erwärmung der umliegenden Meeresbereiche gleichzeitig noch zur Energiegewinnung ausgenutzt werden kann, so daß damit keine zusätzlichen Kosten, sondern vielmehr noch ein zusätzlicher Gewinn verbunden ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Meeres-Kernkraftwerks sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen weiter erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Ausführungsform des Meeres-Kernkraftwerks,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Kraftanlage zur Ausnutzung des Temperaturgefälles,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer abgewandelten Ausführungsform der Temperaturgefälle-Kraftanlage,

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform der Temperaturgefälle-Kraftanlage und

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform mit mehreren hintereinandergeschalteten Temperaturgefälle-Kraftanlagen.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ist auf einem sich über dem Meeresboden erhebenden, unterseeischen Berg oder Riff ein sich über den Meeresspiegel erhebender Damm 1 errichtet, welcher einen beckenartigen Sammelbehälter 3 zur Aufnahme des heißen Reaktorkühlwassers und einen von diesem durch eine Trennwand 2 abgeteilten, beckenartigen Sammelbehälter 4 zur Aufnahme von kaltem Tiefseewasser umschließt. Im Sammelbehälter 3 ist eine schwimmfähige Kernkraftanlage 5 angeordnet. Der Sammelbehälter 4 ist mit der oberen Mündungsöffnung 6b einer Unterwasserleitung 6 verbunden, deren untere Mündungsöffnung 6a sich am Meeresboden 7 befindet. Auf dem Damm 1 ist ein durch einen Motor 10 angetriebener Kompressor 8 angeordnet. Eine von diesem ausgehende Druckleitung 9 ist mit der Unterwasserleitung 6 nahe deren unterem Ende und an bestimmten Zwischenpunkten verbunden, so daß die vom Kompressor verdichtete Luft durch die Druckluftleitung 9 in die Unterwasserleitung 6 eingespeist wird und die in dieser aufsteigenden Luftblasen nach dem Prinzip der sogenannten »Blasenpumpe« das Tiefseewasser mit einer Temperatur von etwa 4°C in der Unterwasserleitung 6 aufwärts in den Seewasser-Sammelbehälter 4 treiben. Aus diesem wird das kalte Seewasser durch eine Zuführleitung 12 in eine mit der Kernkraftanlage 5 verbundene Kraftanlage zur Ausnutzung des Temperaturgefälles 11 eingeführt und aus dieser über eine Abführleitung 13 außerhalb des Damms 1 ins offene Meer zurückgeleitet. Das heiße Reaktorkühlwasser wird aus dem Sammelbehälter 3 über eine Zuführleitung 14 ebenfalls in die Temperaturgefälle-Kraftanlage eingeführt und dann aus dieser über eine Abführleitung 15 in den Sammelbehälter 3 zurückgeführt.

In der in Fig. 2 dargestellten Temperaturgefälle-Kraftanlage können als Arbeitsmedium Fluorverbindungen mit einem hinreichend unter dem Siedepunkt von Wasser beim gleichen Druck liegenden Siedepunkt oder in bestimmten Fällen auch Ammoniak verwendet werden. Das Arbeitsmedium wird in einem zum Aufheizen dienenden Wärmetauscher 16 in Berührung mit einer von dem heißen Reaktorkühlwasser aus dem Sammelbehälter 3 durchströmten Schlange 17 erwärmt und dann mittels einer Pumpe 18 in einen Dampferzeug-

ger 19 eingeführt. Der aus der nicht dargestellten Dampfturbine der Kernkraftanlage 5 austretende Dampf S wird vor seinem Eintritt in einen Kondensator vollständig oder zum Teil über eine Dampfzuführleitung 20 in eine im Dampferzeuger 19 angeordnete Heizschlange 21 eingeführt und dann über eine Dampfabführleitung 22 dem Kondensator zugeführt. Das im Dampferzeuger 19 befindliche, flüssige Arbeitsmedium wird in Berührung mit der Heizschlange 21 weiter erwärmt und in Dampf überführt. Der Dampf des Arbeitsmediums wird dann zum Antrieb einer mit einem elektrischen Generator 23 verbundenen Dampfkraftmaschine 24 durch diese hindurchgeführt. Das Arbeitsmedium fließt dann in einen Kondensator 25, in welchem es in Berührung mit einer von kaltem Seewasser aus dem Sammelbehälter 4 durchströmten Kühlschlange 26 abgekühlt und verflüssigt wird. Das flüssige Arbeitsmedium wird in einem Auffangtank 27 gesammelt, aus dem es mittels einer Pumpe im Kreislauf wiederum dem Wärmetauscher 16 zugeführt wird.

Da bei dieser Anordnung aus dem Kernkraftwerk nur das zugeführte Tiefseewasser nach dem Passieren des Kondensators 25 mit immer noch niedriger Temperatur ins Meer zurückgeleitet wird, besteht keine Gefahr einer Verunreinigung der benachbarten Meeresbereiche mit Heißwasser. Da weiterhin das Reaktorkühlwasser im Sammelbehälter 3 als Heizmedium für das Arbeitsmedium der Temperaturgefälle-Kraftanlage 11 verwendet und dabei abgekühlt wird, kann die Hauptmenge der Wärme am Generator in Form von elektrischer Kraft zurückgewonnen werden. Da auch der im Kernreaktor erzeugte Dampf vor dem Eintritt in den Kondensator als Heizmedium zur Verdampfung des Arbeitsmediums im Dampferzeuger ausgenutzt wird, ergibt sich eine wesentliche Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades des gesamten Kernkraftwerkes.

Falls durch das vom Meeresboden her kalt zugeführte, nach dem Durchströmen des Kondensators 25 in das Meer zurückgeleitete Seewasser die Gefahr einer Verunreinigung durch Kaltwasser besteht, kann die Ableitung 13 im Meer bis in eine solche Tiefe geführt werden, daß das austretende Seewasser bis in die Wassertiefe gelangt, aus der das kalte Seewasser zuvor entnommen worden war. Statt dessen kann das in das Meer zurückzuführende Seewasser zuvor auch mit warmem Wasser, beispielsweise einem Teil des Kreislaufwassers im Kondensator der Kernkraftanlage 5 oder heißem Reaktorkühlwasser oder dem durch den Wärmetauscher 16 der Temperaturgefälle-Kraftanlage 11 hindurchtretenden warmen Wasser so vermischt werden, daß seine Temperatur etwa derjenigen des umgebenden Seewassers entspricht. Auf diese Weise kann sowohl eine Verunreinigung mit kaltem Wasser, als auch eine Verunreinigung mit Heißwasser vermieden werden.

Das Meeres-Kernkraftwerk gemäß der Erfindung kann natürlich auch an einer Meeresküste errichtet sein, an welcher eine hinreichende Wassertiefe von vorzugsweise mindestens 300 m zur Verfügung steht. Die Unterwasserleitung 6 kann weiterhin in vorteilhafter Weise mit einer Wärmeisolierung versehen sein. Anstelle der bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 für die Zuführung des Tiefseewassers verwendeten Blasenpumpe können auch andere Pumpvorrichtungen eingesetzt werden. Je nach den Umständen kann das heiße Reaktorkühlwasser auch dem Wärmetauscher 16 zugeführt werden, bevor es in den Sammelbehälter 3 gelangt.

Die in Fig. 3 dargestellte, abgewandelte Ausführungsform entspricht in vieler Hinsicht derjenigen gemäß Fig. 2, so daß für gleichartige Teile übereinstimmende Bezugszeichen verwendet wurden. Bei der hier dargestellten Ausführungsform sind die Dampfkraftmaschine 24, der elektrische Generator 23 und der Kondensator 25 der Temperaturgefälle-Kraftanlage 11 jedoch zur Vermeidung des Hochpumpens von kaltem Tiefseewasser mittels einer langen Unterwasserleitung 6 unter Wasser angeordnet. Da der Wärmetauscher 16 und der Dampferzeuger 19 über Wasser bei der Kernkraftanlage 5 angeordnet sind, ist die zusammen mit dem elektrischen Generator 23 in einem hermetisch verschlossenen Behälter 32 angeordnete Dampfkraftmaschine 24 über eine Zuleitung 30 mit dem Dampferzeuger 19 und die zusammen mit dem Kondensator 25 in einem getrennten, hermetisch verschlossenen Behälter 33 angeordnete Förderpumpe 35 über eine Ableitung 31 für das Arbeitsmedium mit dem Wärmetauscher 16 verbunden. Da die Zuleitung 30 und die Ableitung 31 eine der Unterwasserleitung 6 entsprechende Länge aufweisen, ist es zweckmäßig, die das verdampfte Arbeitsmedium vom Dampferzeuger 19 zur Dampfkraftmaschine 24 führende Zuleitung 30 mit einer Wärmeisolierung zu umgeben. In dem hermetisch verschlossenen Behälter 33 ist ferner eine Kaltwasser-Förderpumpe 34 angeordnet, die über eine Zuleitung 12 kaltes Seewasser ansaugt und dieses durch die Kühlschlange 26 des Kondensators 25 und die Ableitung 13 ins Meer zurückführt. Die Wandung des Behälters 32 kann selbst bei Berücksichtigung des äußeren Wasserdrucks relativ dünn ausgebildet sein, da der Innendruck wegen des am Schaft der Dampfkraftmaschine oder der Turbine 24 oder ähnlichen Stellen erfolgenden Austretens des gasförmigen Arbeitsmediums etwa genauso hoch ist, wie der Gasdruck in der Zuleitung 30. Im Hinblick hierauf kann das Arbeitsmedium aus der Turbine 24 auch direkt in dem hermetisch verschlossenen Behälter 32 gesammelt und aus diesem dem Kondensator 25 zugeführt werden.

Anstelle der Verwendung von zwei getrennten, hermetisch verschlossenen Behältern 32 und 33 können die unter Wasser befindlichen Anlagenteile einschließlich der Turbinenanlage und des Kondensators auch in einem gemeinsamen, hermetisch verschlossenen Behälter angeordnet sein.

Bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform ist die Anlage mit der Dampfkraftmaschine 24 und dem elektrischen Generator 23 zusammen mit dem Wärmetauscher 16 und dem Dampferzeuger 19 für das Arbeitsmedium über Wasser angeordnet. Da in diesem Falle die Zuleitung 30 für das verdampfte Arbeitsmedium nicht im Seewasser liegt, besteht kein Bedarf für umfangreiche Wärmeisolierungen und es ergibt sich eine Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wird das im Sammelbehälter 3 aufgefangene Wasser im Kreislauf als Reaktorkühlwasser verwendet, wobei es jedoch notwendig ist, daß das aus dem Sammelbehälter 3 dem Kernreaktor zugeführte Kühlwasser eine hinreichend niedrige Temperatur aufweist. Wenn dagegen die Verwendung des heißen Reaktor-

kühlwassers als Wärmemedium im Wärmetauscher 16 der einzelnen Temperaturgefälle-Kraftanlage nicht ausreicht, um die Temperatur des Reaktorkühlwassers auf den gewünschten Temperaturwert zu erniedrigen, kann durch Vergrößerung der Oberfläche des Sammelbehälters 3 und/oder durch Anwendung beliebiger Mittel zur Erzielung eines positiven Kontaktes zwischen Gas und Wasser eine Vergrößerung der durch den Wärmetausch zwischen der Luft und dem Wasser im Sammelbehälter 3 erzielten Kühlwirkung erreicht werden. Statt dessen kann je nach den Umständen die Temperatur des im Sammelbehälter 3 aufgefangenen Wassers auch durch direktes Vermischen mit dem durch die Ableitung 13 abgeführten kalten Wasser oder durch Verwendung eines mit diesem kalten Wasser als Kühlmedium betriebenen Wärmetauschers gesenkt werden. Bei der letztgenannten Methode wird ebenso wie in dem vorstehend beschriebenen Fall eine Verunreinigung durch Kaltwasser verhindert.

Bei der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform ist der elektrische Energie erzeugende Kernreaktor direkt von einem in mehrere Bereiche 40-1 bis 40-4 unterteilten Sammelbehälter 3 umgeben. In einer ersten Temperaturgefälle-Kraftanlage 50-1 wird elektrische Energie erzeugt durch das Temperaturgefälle zwischen der hohen Temperatur des Wassers aus dem ersten Bereich 40-1 zum Auffangen des heißen Reaktorkühlwassers und der niedrigen Temperatur des Wassers aus dem Sammelbehälter 4, der vom Meeresboden zugeführtes, kaltes Tiefseewasser enthält. Das aus der ersten Temperaturgefälle-Kraftanlage 50-1 austretende Reaktorkühlwasser, dessen Temperatur erniedrigt wurde (2—3°C) wird in dem zweiten Bereich 40-2 aufgefangen. Das aus diesem Bereich stammende warme Wasser und das aus dem Sammelbehälter 4 stammende kalte Wasser werden in einer zweiten Temperaturgefälle-Kraftanlage 50-2 zur Erzeugung von elektrischer Energie ausgenutzt. In entsprechender Weise wird das im dritten Bereich 40-3 gesammelte warme Wasser und das kalte Wasser aus dem Sammelbehälter 4 zum Betrieb einer dritten Temperaturgefälle-Kraftanlage 50-3 verwendet, etc.

Bei dieser Anordnung kann durch Vorsehen der benötigten Anzahl von hintereinandergeschalteten Temperaturgefälle-Kraftanlagen die thermische Energie des heißen Reaktorkühlwassers wirksam zu einer bedeutenden Erhöhung des thermischen Gesamtwirkungsgrades verwendet werden. Da das im letzten Bereich 40-4 gesammelte Wasser wegen seiner niedrigen Temperatur direkt zum Kühlen des Reaktors verwendet werden kann, wird eine Kreislaufführung des Reaktorkühlwassers in einem vollständig geschlossenen Kreislauf erreicht. Das aus der letzten Temperaturgefälle-Kraftanlage 50-3 austretende Wasser kann direkt in das Meer abgeführt werden, da seine Temperatur zuvor so erniedrigt worden ist, daß dabei keine Verunreinigung durch Heißwasser verursacht wird. Auch bei dieser Ausführungsform kann in jeder der Temperaturgefälle-Kraftanlage der im Kernreaktor erzeugte Dampf nach seinem Durchtritt durch eine Dampfturbine in der für vorangegangenen Ausführungsformen beschriebenen Weise verwendet werden.

Fig.2

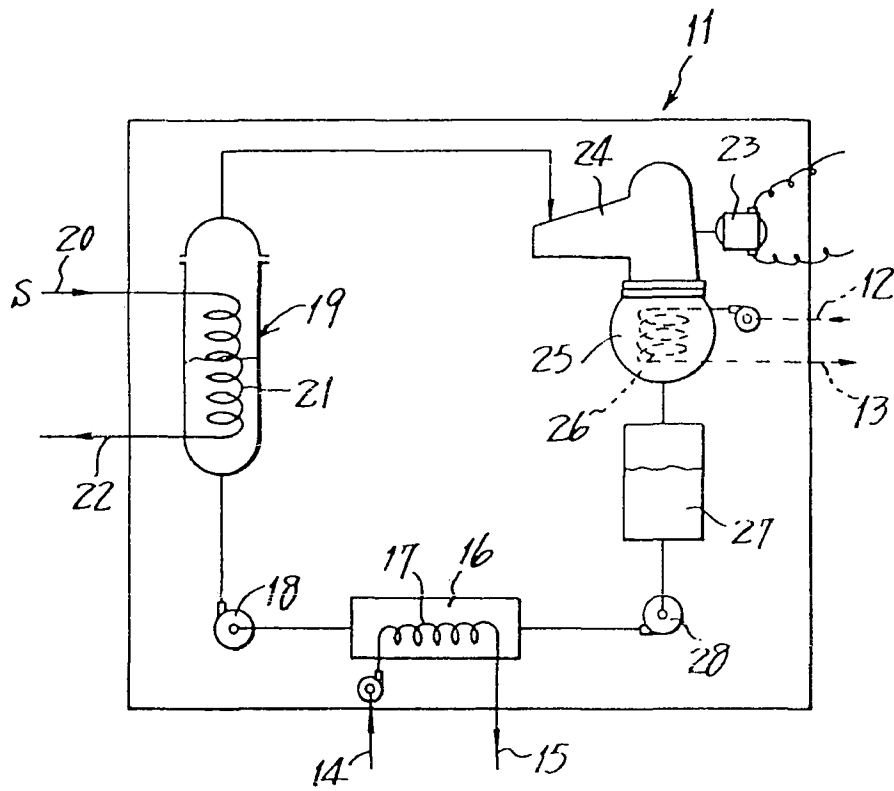


Fig.3

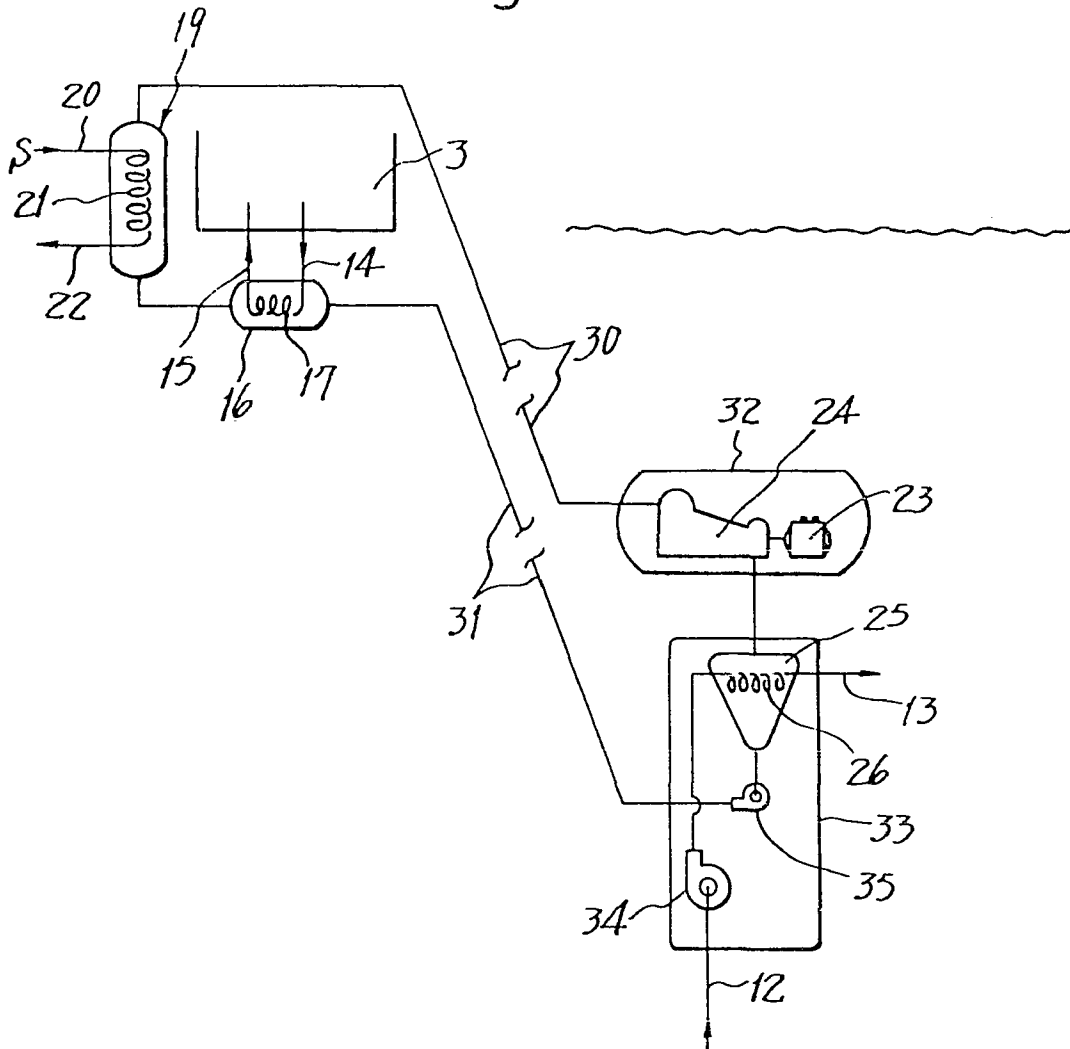


Fig.4

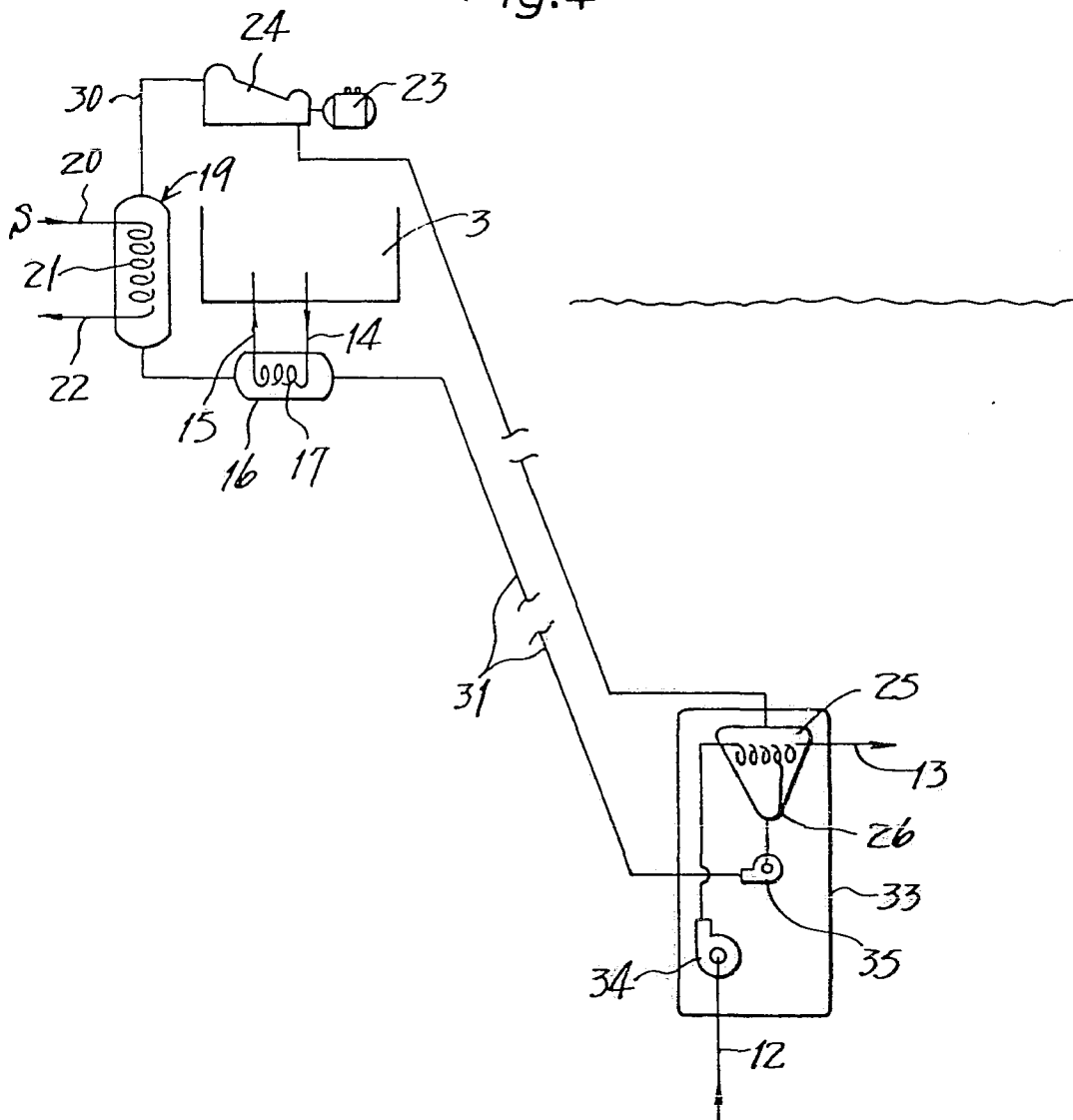




Fig.5

