

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 15/18

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



INIS

DT 23 42 263 B 2

11

# Auslegeschrift 23 42 263

21

Aktenzeichen: P 23 42 263.1-33

22

Anmeldetag: 21. 8. 73

43

Offenlegungstag: 27. 3. 75

44

Bekanntmachungstag: 10. 2. 77

39

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung: Hilfsprozess zur Sicherung der Notkühlung eines Kernkraftwerks

71

Anmelder: Kraftwerk Union AG, 4330 Mülheim

72

Erfinder: Bachl, Herbert, Prof. Dr., 8000 München

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
Energie, 9. Jg., H. 6, Juni 1957, S. 207-216  
Brennstoff-Wärme-Kraft, Bd. 18, Nr. 1, Jan.  
1966, S. 20-23

2.8.77

DT 23 42 263 B 2

DE7802769

1.77 609 586/93

5-2.94

## Patentanspruch:

Hilfsprozeß zur Sicherung der Notkühlung eines Kernkraftwerks, der einem Haupt-Wärme­kraftprozeß zur Gewinnung von mechanischer Energie aus der im Kernreaktor freigesetzten thermischen Energie am kalten Ende des Reaktorkühlmittelkreislaufs nachgeschaltet und als Zweistoff-Wärme­kraftprozeß ausgelegt ist, der im Normalbetrieb des Kernreaktors als Umkehrung eines Kälte-Absorptionsprozesses mit gleitenden Temperaturen beim Phasenwechsel, mit Rückführung einer armen Lösung innerhalb einer durch die Eintrittstemperatur des Reaktorkühlmittels begrenzten Entgasungs­breite und mit Entspannung des durch die Wärmezufuhr ausgetriebenen Mischdampfes im Satt­dampf­bereich arbeitet, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausfall des Haupt-Wärme­kraftprozesses und Einsetzen der Notkühlung mit gleichzeitiger Steigerung der Eintrittstemperatur des Reaktorkühlmittels in den Hilfsprozeß die Rückführung der armen Lösung unterbrochen, das gesamte Zweistoffgemisch verdampft und der satte Mischdampf anschließend überhitzt und entspannt wird.

Es ist bekannt, die in einem Kernkraftwerk erzeugte Wärme mindestens zwei im Temperaturverlauf des Reaktorkühlmittels hintereinandergeschalteten Wärme­kraftprozessen zuzuführen, von denen ein Hauptprozeß zur Erzeugung von nutzbar nach außen abgegebener mechanischer bzw. elektrischer Energie dient, während ein Hilfsprozeß in erster Linie zur Sicherung der Eigenbedarfsversorgung genutzt wird, insbesondere zur Notkühlung des Reaktors, wenn der Hauptprozeß ausfällt.

Es ist auch bereits bekannt, diesen Hilfsprozeß am kalten Ende des Kühlmittelkreislaufs anzuordnen und im Normalbetrieb als Zweistoffprozeß, und zwar als Umkehrung eines Kälte-Absorptionsprozesses mit gleitenden Temperaturen beim Phasenwechsel und einer durch die Eintrittstemperatur des Reaktorkühlmittels begrenzten Satt­dampf­temperatur und Entgasungs­breite zu betreiben, vgl. »Energie«, 9. Jg., H. 6 (Juni 1957), S. 207 bis 216, und »Brennstoff-Wärme-Kraft«, Bd. 18, Nr. 1 (Januar 1966), S. 20 bis 23. Die Anwendung eines Zweistoff-Kälte-Absorptionsprozesses hat im vorliegenden Fall gegenüber einem Einstoff-Kondensationsprozeß den Vorteil, daß die gleitende Kondensations­temperatur wie bei einem Gasturbinenprozeß den Einsatz einer relativ geringen Kühlmittelmenge mit hoher Aufwärmespanne zur Abführung der Verlustwärme ermöglicht.

Fig. 1 zeigt den Verlauf eines solchen Zweistoff-Kälte-Absorptionsprozesses in einem T-Q-Diagramm: »A« ist die Abkühlungskurve des gasförmigen Reaktorkühlmittels in einem Temperaturbereich von 175 bis 15°C. »B« ist der Kreislauf des Wärme­kraft-Hilfsprozesses. Die Zustandspunkte sind durch umrandete Ziffern, die Apparate und Maschinen, in denen diese Zustandsänderungen erfolgen, sind durch kleine Buchstaben gekennzeichnet. Als Arbeitsmittel des Hilfsprozesses dient ein NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O-Gemisch, dessen Druck im Zustandspunkt ① bei 15°C durch eine Umwälzpumpe von 2,7 auf ca.

20 ata erhöht wird. Die reiche Lösung wird anschließend im Vorwärmer »a« auf ca. 97°C erwärmt ②. Es folgt im Austreiber »b« bei gleitender Temperatur bis 143°C ③ die Austreibung eines Mischdampfes mit unterschiedlicher Zusammensetzung gegenüber der verbleibenden armen Lösung. Diese wird im Kühler »c« abgekühlt und dann entspannt. Der satte Mischdampf wird in einer Turbine »d« auf den Zustand ④ von 20 auf 3 ata entspannt und mit der armen Lösung gemischt ⑤, die sich durch Aufnahme des Dampfes im Aufsauger »e« wieder anreichert ①. Im Bereich »C« wird die Verlustwärme des Hilfsprozesses an ein Kühlmittel abgegeben, das sich von 10 auf 35°C — bei entsprechendem Aufwand an Wärmetauscherflächen auch erheblich höher — aufwärmt. Die Restwärme des Reaktorkühlmittels wird im Bereich »E« direkt an ein Kühlmittel abgegeben, die Energiemenge »F« wird in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt.

Bei Ausfall des Haupt-Wärme­kraftprozesses liefert der Kernreaktor Nachwärme, deren Abführung sichergestellt werden muß, die aber auch als Energiequelle des Hilfsprozesses genutzt werden kann. Zur Kühlung des Kernreaktors ist nun nur noch eine erheblich geringere Kühlmittelmenge erforderlich, die aber in den Hilfsprozeß mit einer durch den Ausfall des Hauptprozesses bedingten höheren Temperatur eintritt. Hierdurch ändern sich die Voraussetzungen für die Auslegung des Hilfsprozesses. Es besteht ferner die Gefahr, daß er wegen der erheblichen Verminderung der zugeführten Primärenergie nicht mehr die zur Sicherstellung der Eigenbedarfsversorgung des Kernkraftwerks erforderliche Leistung aufbringt.

Für die bei Ausfall des Hauptprozesses vorliegenden Betriebsbedingungen ist der Einsatz eines Zweistoff-Kälte-Absorptionsprozesses mit Expansion von Satt­dampf nicht mehr optimal. Ein konventioneller Kondensationsprozeß mit überhitztem Dampf würde eine höhere spezifische Leistung liefern und die Eigenbedarfsversorgung besser gewährleisten. Es fehlt jedoch gerade beim Einsatz einer Notkühlung die Zeit, einen solchen zweiten Hilfsprozeß erst in Betrieb zu nehmen.

Um eine rasche Steigerung der spezifischen Leistung des Hilfsprozesses ohne Unterbrechung seiner Energie­lieferung zu erreichen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, bei Ausfall des Haupt-Wärme­kraftprozesses und Einsetzen der Notkühlung den gleichen Zweistoffprozeß mit geänderten Zustandsgrößen in der Weise weiter zu betreiben, daß die Rückführung der armen Lösung mit gleichzeitiger Steigerung der Eintrittstemperatur des Reaktorkühlmittels in den Hilfsprozeß unterbrochen, das gesamte Zweistoffgemisch — über die nun nicht mehr ausgelasteten Heizflächen — verdampft und der satte Mischdampf anschließend überhitzt und — bei erhöhtem Gefälle in der gleichen Turbine u.U. bei veränderter Drehzahl — entspannt wird. Der Prozeßverlauf unterscheidet sich nun von der eines Einstoff-Dampfkraftprozesses nur noch durch die Verwendung eines Zweistoffgemisches als Arbeitsmittel und durch die gleitenden Temperaturen beim Phasenwechsel.

Dieser Prozeßverlauf ist in Fig. 2 dargestellt: Die Eintrittstemperatur des Reaktorkühlmittels in den Hilfsprozeß wurde mit 650°C angenommen. Seine Wärme wird nun im Bereich »D« zum größten Teil an den Hilfsprozeß und nur ein verschwindender Anteil im Bereich »E« direkt an das Kühlmittel übertragen. Im Wärmetauscher »b« erfolgt nach der völligen Verdampfung eine Überhitzung — beide Vorgänge sind

vereinfacht mit linearem Temperaturverlauf dargestellt. Der Kühler »c« wird nicht mehr beaufschlagt. Die spezifische Ausbeute an mechanischer Energie  $F/D$  ist gegenüber der Ausbeute des Sattedampfprozesses im Normalbetrieb nach Fig. 1 erheblich gesteigert.

Das Schaltschema zeigt Fig. 3. »a« ist der Vorwärmer der reichen Lösung, »b« der Ausdampfer (bzw. Verdampfer und Überhitzer), »c« der Kühler der armen Lösung, »d« die Turbine, »e« der Aufsauger, »f« ein Abscheider des Sattedampfes von der verbleibenden

armen Lösung, »g« ein Druckminderventil und »h« die Umwälzpumpe zur Druckerhöhung der reichen Lösung.

Der technische Fortschritt der Erfindung besteht darin, daß das beim Einsatz der Notkühlung bei 5 verringertem Wärmedargebot erhöhte Temperaturgefälle genutzt wird, um die spezifische Leistung des Hilfsprozesses in kürzester Zeit erheblich zu steigern, ohne dessen Energielieferung zu unterbrechen, und die Eigenbedarfsversorgung des Kernkraftwerks hierdurch 10 weitgehend sicherzustellen.

---

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

---

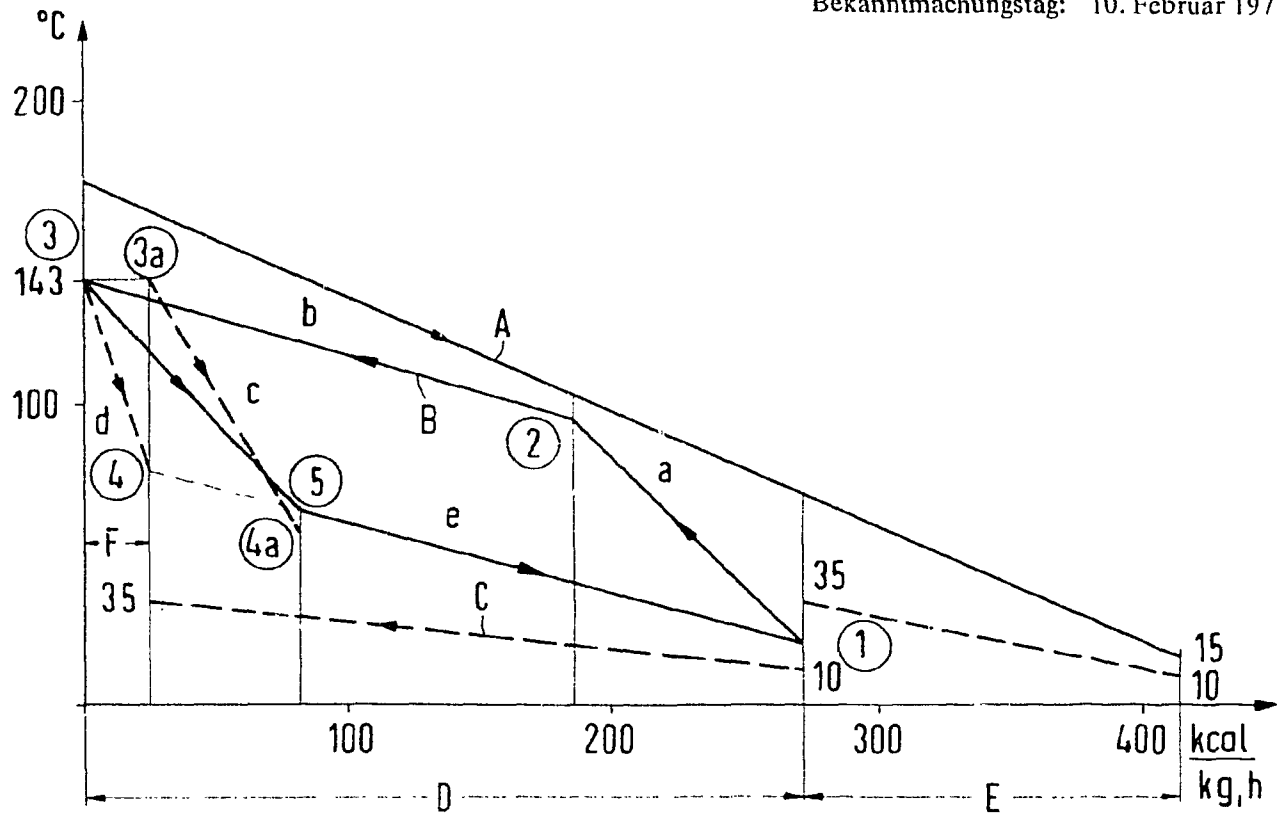


Fig. 1

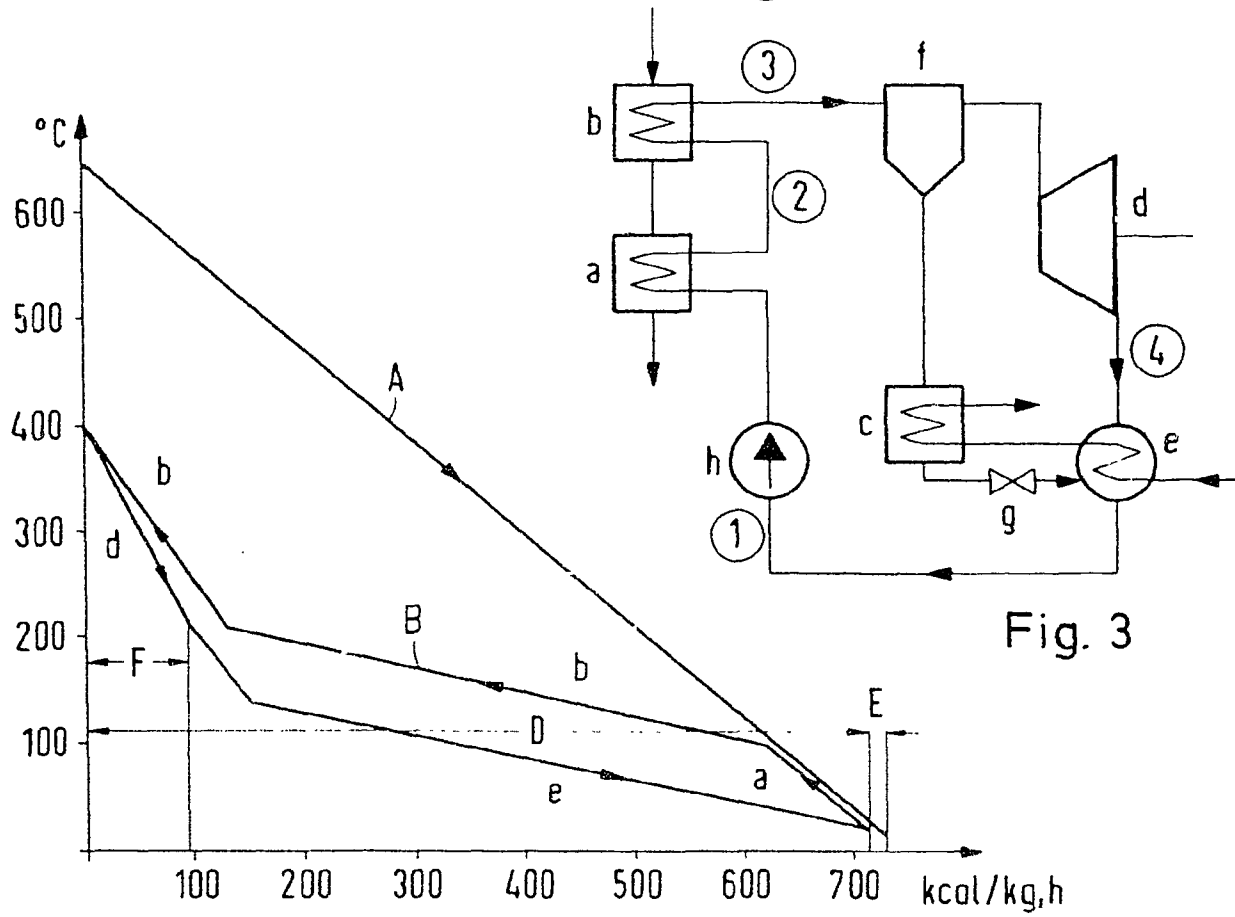


Fig. 2

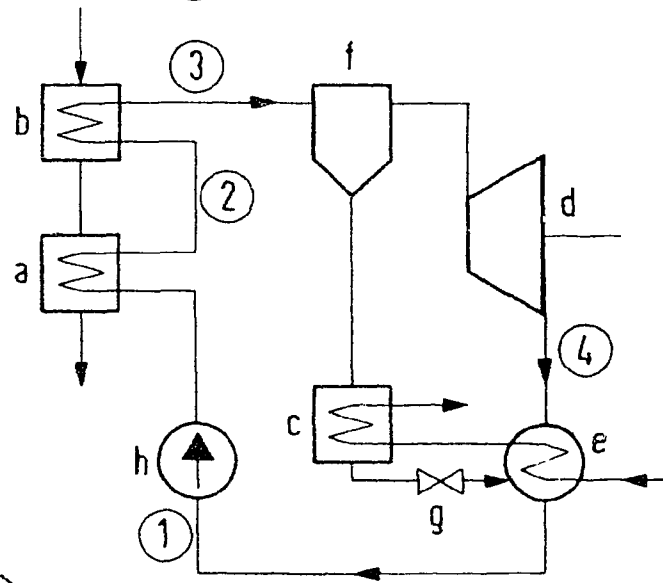


Fig. 3