



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 653 822 A5

⑤① Int. Cl. 4: H 02 K 9/19

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteiner Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 3194/81

⑫② Anmeldungsdatum: 15.05.1981

⑫③ Priorität(en): 18.07.1980 DE 3027322

⑫④ Patent erteilt: 15.01.1986

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.01.1986

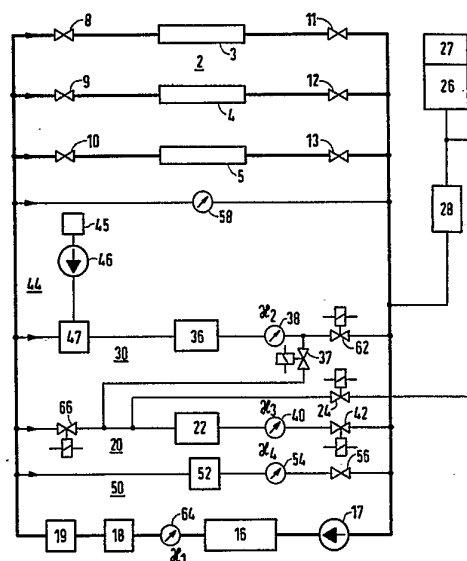
⑫⑦ Inhaber:
Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München,
München 2 (DE)

⑫⑦② Erfinder:
Emshoff, Horst Werner, Mülheim/Ruhr (DE)
Küsebauch, Walter, Dr., Erlangen (DE)

⑫⑦④ Vertreter:
Siemens-Albis Aktiengesellschaft, Zürich

⑫⑤④ **Kühlanordnung und Verfahren zum Betrieb der Anordnung.**

⑫⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf eine Kühlanordnung, insbesondere zur Kühlung von elektrischen Einrichtungen mit wassergekühlten elektrischen Leitern, mit ionenarmem Kühlwasser (Deionat) in einem geschlossenen Kühlsystem, das einen Parallelkreislauf mit einem Mischbettfilter enthält. Erfindungsgemäss ist ein Anionenaustauscher (36) in der OH-Form vorgesehen, der sowohl dem Mischbettfilter (22) parallel schaltbar als auch mit dem Mischbettfilter (22) in Reihe schaltbar ist. Mit diesem Kühlsystem kann das Kühlwasser in einem erhöhten pH-Wertbereich gefahren werden, der vorzugsweise etwa 8 bis 8,4 betragen kann.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kühlanordnung mit ionenarmem Kühlwasser in einem geschlossenen Kühlsystem, das einen Hauptkreislauf und einen Parallelkreislauf mit einem Mischbettfilter enthält, und bei dem die Zuführung eines Alkalisierungsmittels vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anionenaustauscher (36) in der OH-Form vorgesehen ist, der sowohl dem Mischbettfilter (22) parallel schaltbar als auch mit dem Mischbettfilter (22) in Reihe schaltbar ist.

2. Kühlanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführung (44) eines Alkalisierungsmittels im Parallelkreislauf (30) vor dem Anionenaustauscher (36) vorgesehen ist.

3. Kühlanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein zusätzlicher Parallelkreislauf (50) mit einer Reihenschaltung eines Kationenaustauschers (52) in der H-Form mit einer Leitfähigkeitsmesszelle (54) vorgesehen ist und dass der Hauptkreislauf eine Leitfähigkeitsmesszelle (64) enthält.

4. Verfahren zum Betrieb einer Kühlanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teilstrom des Kühlwassers über den Anionenaustauscher (36) geleitet wird, und dass ein Alkalisierungsmittel zugeführt wird, wenn der pH-Wert im Hauptkreislauf absinkt, und dass der Anionenaustauscher (36) mit dem Mischbettfilter (22) in Reihe geschaltet wird, wenn der pH-Wert des Kühlwassers einen oberen Grenzwert erreicht.

5. Verfahren zum Betrieb einer Kühlanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Inbetriebnahme ein Teilstrom des Kühlwassers über die Reihenschaltung des Anionenaustauschers (36) mit dem Mischbettfilter (22) geleitet wird bis die elektrische Leitfähigkeit (χ_1) im Hauptkreislauf und die elektrische Leitfähigkeit (χ_2) hinter dem Anionenaustauscher (36) auf einen vorbestimmten geringen Wert vermindert ist, und dass dann das Mischbettfilter (22) ausgeschaltet und der Teilstrom ausschliesslich über den Anionenaustauscher (36) geleitet wird und ein Alkalisierungsmittel zugeführt wird bis der pH-Wert auf einen vorbestimmten Wert angehoben ist.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kühlanordnung, insbesondere zur Kühlung von elektrischen Einrichtungen mit wassergekühlten elektrischen Leitern, mit ionenarmem Kühlwasser und einem geschlossenen Kühlsystem, das einen Hauptkreislauf und wenigstens einen Parallelkreislauf mit einem Mischbettfilter enthält.

Zur Kühlung von elektrischen Einrichtungen grosser Leistung, beispielsweise Generatoren und Wanderfeldröhren sowie Hochleistungskabel, sind bekanntlich geschlossene Kühlsysteme vorgesehen, die ionenarmes Kühlwasser, sogenanntes Deionat, enthalten. Das Kühlwasser durchfliesst die stromführenden Leiter der Einrichtung, die im allgemeinen aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehen.

Zur Kühlung von besonders empfindlichen Kühlstellen, beispielsweise von Kühlköpfen und Dichtungen der Kesselumwälz- und Kesselspeisepumpen in Kraftwerken, werden bekanntlich Nebenkreisläufe geschaffen, die ebenfalls als geschlossene Kühlkreisläufe ausgeführt werden und mit einem Mischbettfilter versehen sein können. Um im Kühlsystem den Elektrolytgehalt möglichst niedrig zu halten, kann ein geringer Teilstrom des Kühlwassers, der beispielsweise etwa 0,5 bis 5% betragen kann, über einen Parallelkreislauf geleitet werden, der das Mischbettfilter enthält. Das Kühlwasser erhält in solchen Kühlsystemen eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit, die weniger als 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ betragen kann. Durch das Kühlwasser kann ein Teil des Kupfers oder der Kupferlegierung durch Korrosion

abgetragen und an anderen Stellen oder in nachgeschalteten Anlagenteilen wieder abgelagert werden. Die Korrosionsabtragsrate ist abhängig vom pH-Wert des Kühlwassers und nimmt mit steigendem pH-Wert ab. Man hat deshalb in Nebenkühlkreisläufen in Kraftwerken den pH-Wert durch Zugabe von Natronlauge auf wenigstens 9 angehoben (VGB-Kraftwerkstechnik 59, Sept. 1979, Seiten 720 bis 724).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, in geschlossenen Kühlsystemen mit ionenarmem Kühlwasser, insbesondere zur Kühlung von elektrischen Einrichtungen grosser Leistung mit vom Kühlwasser durchflossenen elektrischen Leitern, Ablagerungen insbesondere aufgrund von Korrosionsprodukten zu verhindern.

Einer Alkalisierung des Kühlwassers im Kühlsystem steht das vorhandene Mischbettfilter entgegen, das bekanntlich die Aufgabe hat, Metallionen, beispielsweise Kupfer-, Nickel- und Eisenionen, und Anionen, beispielsweise HCO_3^- -Ionen, aus dem Kühlwasser herauszufiltern. Das Mischbettfilter enthält im allgemeinen einen H^+ -beladenen Kationenaustauscher und einen OH^- -beladenen Anionenaustauscher. Bei Verwendung von Natronlauge als Alkalisierungsmittel werden durch den Kationenaustauscher Natriumionen wieder aus dem Kreislauf herausgefiltert. Nur durch eine ständige Dosierung von Alkalisierungsmitteln kann ein vorbestimmter pH-Wert aufrechterhalten werden. Dadurch wird der Kationenaustauscher verbraucht und muss entsprechend oft erneuert werden.

Diese Schwierigkeiten können erfindungsgemäss bei einer Kühlanordnung vermieden werden mit den Gestaltungsmerkmalen entsprechend dem Kennzeichen des Anspruchs 1.

In dieser Kühlanordnung dient das Mischbettfilter nur noch zur Inbetriebnahme der elektrischen Einrichtung und der Normalbetrieb wird mit dem Anionenaustauscher durchgeführt.

Bei der Inbetriebnahme der Kühlanordnung kann ein Teilstrom des Kühlwassers über das Mischbettfilter und ein weiterer Teilstrom über den Anionenaustauscher und das Mischbettfilter geleitet werden, bis das Wasser im Hauptkreislauf eine Leitfähigkeit von höchstens etwa 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erreicht hat. Dann wird das Mischbettfilter ausser Betrieb gesetzt und nur noch der Anionenaustauscher betrieben. Vor dem Anionenaustauscher wird eine vorbestimmte Menge eines Alkalisierungsmittels, vorzugsweise Natronlauge, das zur Alkalisierung des Kühlwassers benötigt wird, langsam über einen Mischer dem Teilstrom des Kühlwassers im Parallelkreislauf zudosiert und damit der pH-Wert des Kühlwassers im Hauptkreislauf angehoben.

Im Normalbetrieb wird der Teilstrom des Kühlwassers im allgemeinen nur noch über den Anionenaustauscher geleitet, der vor allem Bikarbonate aus dem Kühlwasser entfernt. Eine pH-Wert-Korrektur ist sowohl durch den Einsatz des Mischbettfilters möglich, wenn beispielsweise ein oberer Grenzwert des pH-Wertes erreicht wird, als auch durch Zudosieren von Alkalisierungsmitteln, wenn der pH-Wert absinkt. Bei einem pH-Wert von etwa 8,3 sind die unter Gleichgewichtsbedingungen entsprechend dem Pourbaix-Diagramm zu erwartenden gelösten Kupferionenkonzentrationen sowie die Eisen- und Nickelionenkonzentrationen sehr gering und tragen zur Leitfähigkeit des Wassers somit nur wenig bei. Es stellt sich deshalb ein stabiles Gleichgewicht mit einem niedrigen Kupferspiegel ein.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Anordnung zur Kühlung von elektrischen Einrichtungen kann noch ein zusätzlicher Parallelkreislauf vorgesehen sein, der eine Reihenschaltung eines H^+ -beladenen Kationenaustauschers mit einer Leitfähigkeitsmesszelle enthält. Mit dieser Anordnung kann der pH-Wert des Kühlwassers in einfacher Weise in weitgehender Annäherung bestimmt werden. Das Verfahren besteht darin, dass die elektrische Leitfähigkeit des Kühlwassers im Hauptkreislauf und zugleich die Leitfähigkeit im zusätzlichen Parallelkreislauf des Kühlwassers hinter dem Kationenaustauscher gemessen wird. Aus diesen Messungen lässt sich in einfacher Weise die

H^+ -Ionenkonzentration des Kühlwassers ableiten, aus der sich der pH-Wert ergibt. Mit Hilfe dieser einfachen pH-Wert-Bestimmung kann der Kühlkreislauf in einem vorbestimmten Bereich zwischen zwei Grenzwerten des pH-Wertes gefahren werden.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der ein Ausführungsbeispiel einer Kühlanordnung nach der Erfindung schematisch veranschaulicht ist.

In der Figur ist eine Anordnung zur Kühlung einer elektrischen Einrichtung mit wassergekühlten elektrischen Leitern dargestellt, die beispielsweise ein Generator 2 sein kann, mit getrennten Kühlrohrsystemen für die Ständerwicklung 3, Läuferwicklung 4 und das Ständerblechpaket 5. Die Rohrsysteme sind im Hauptkühlkreislauf jeweils in Reihe mit zwei Ventilen parallel zueinander angeordnet. In der Ständerwicklung 3 und der Läuferwicklung 4 wird das Kühlrohrsystem jeweils im wesentlichen durch die elektrischen Leiter gebildet. Die in der Figur mit 8 bis 13 bezeichneten Ventile können vorzugsweise Drosselventile sein. Der Hauptkreislauf enthält ferner einen Wärmetauscher 16, eine Umwälzpumpe 17, ein mechanisches Filter 18 sowie ein Magnetfilter 19.

In einem Parallelkreislauf 20 ist ein Mischbettfilter 22 vorgesehen, dessen Eingang auch über ein Magnetventil 24 mit einem Ausdehnungsgefäß 26 verbunden sein kann, das zur Zuführung von frischem Kühlwasser dient und durch ein Stickstoffpolster 27 gegen die Aussenatmosphäre abgeschlossen ist. Aus dem Ausdehnungsgefäß 26 werden die Kühlwasserverluste des Kühlkreislaufes ergänzt, die beispielsweise etwa 1 l pro Tag betragen können. Dieses frische Kühlwasser kann Sauerstoff, Kohlendioxid und weitere Fremddionen enthalten. Das Frischwasser kann deshalb zweckmässig über das Ventil 24 und das Mischbettfilter 22 in den Kühlkreislauf eingeleitet werden. Unter Umständen kann es zweckmässig sein, das frische Kühlwasser über ein besonderes Mischbettfilter 28 der Niederdruckseite des Kühlkreislaufes zuzuführen.

Parallel zum Mischbettfilter 22 ist ein weiterer Parallelkreislauf 30 vorgesehen, der einen Anionenaustauscher 36 in der OH-Form enthält, der über ein Ventil 37, das vorzugsweise ein ferngesteuertes Magnetventil sein kann, sowie eine in der Figur nicht näher bezeichnete Verbindungsleitung mit dem Eingang des Mischbettfilters 22 verbunden ist. Der Anionenaustauscher 36 kann somit sowohl dem Mischbettfilter 22 parallelgeschaltet als auch mit diesem in Reihe geschaltet werden. Der Parallelkreislauf 30 enthält ferner eine Leitfähigkeitsmesszelle 38, die hinter dem Anionenaustauscher 36 angeordnet ist. Eine weitere Leitfähigkeitsmesszelle 40 ist in Reihe mit einem Ventil 42, das vorzugsweise ein Magnetventil sein kann, im Parallelkreislauf 20 hinter dem Mischbettfilter 22 angeordnet. Es dient zur Überwachung der Funktion des Mischbettfilters 22. Im Parallelkreislauf 30 ist vor dem Anionenaustauscher 36 eine Zuführung 44 für ein Alkalisierungsmittel vorgesehen, das beispielsweise Natronlauge sein kann. Die Zuführung 44 besteht aus einem Behälter 45, einer Dosierpumpe 46 und einem Mischer 47.

Parallel zum Hauptkreislauf ist ferner eine Messeinrichtung 58 zur Messung des Sauerstoffgehaltes im Kühlwasser vorgesehen.

Durch den Aufbau des Kühlsystems mit den Parallelkreisläufen 20 und 30 soll in der Anordnung zur Kühlung des Generators 2 der pH-Wert vorzugsweise im Bereich zwischen etwa 8 und 8,4 gehalten werden.

Bei der Inbetriebnahme ist zunächst die Dosierpumpe 46 abgestellt und ein im Parallelkreislauf 30 angeordnetes Magnetventil 62 geschlossen. Die Ventile 37 und 42 sowie ein mit Parallelkreislauf 20 vor dem Mischbettfilter 22 angeordnetes Ventil 66 sind offen. Das Kühlwasser wird entionisiert mit Hilfe des Mischbettfilters 22, das einen H^+ -beladenen Kationenaustauscher und einen OH^- -beladenen Anionenaustauscher enthält.

Der vom Teilstrom im Parallelkreislauf 30 durchspülte Anionenaustauscher 36 wird gereinigt. Sobald die elektrische Leitfähigkeit χ_1 im Hauptkreislauf, die mit der Leitfähigkeitsmesszelle 64 gemessen werden kann, und die Leitfähigkeit χ_2 hinter dem Anionenaustauscher 36 einen vorbestimmten unteren Grenzwert, beispielsweise etwa $0,1 \mu S/cm$, erreicht haben, werden die Ventile 37 und 66 geschlossen, das Ventil 62 wird geöffnet und die Zuführung 44 von Alkalisierungsmittel durch Einschalten der Dosierpumpe 46 in Betrieb gesetzt. Durch die Zuführung 44 wird beispielsweise Natronlauge, im allgemeinen in verdünnter Form, beispielsweise in einer Konzentration von $2 \cdot 10^{-3} n$ NaOH-Lösung, zudosiert und der pH-Wert des Wassers im Kühlsystem angehoben, bis ein vorbestimmter pH-Wert, beispielsweise 8,3, erreicht ist. Dann wird die Dosierpumpe 46 abgestellt.

Erreicht der pH-Wert im Normalbetrieb einen oberen Grenzwert, beispielsweise 8,4, so wird das Ventil 66 geöffnet und die überschüssigen Na^+ -Ionen werden im Mischbettfilter 22 gegen H^+ -Ionen ausgetauscht. Sinkt der pH-Wert unter den vorbestimmten Wert, so werden die Ventile 37 und 66 wieder geschlossen und die Zuführung 44 von Natronlauge wird bei geöffnetem Ventil 62 wieder in Betrieb gesetzt.

Das Ventil 24 bleibt und wird zur Zuführung von Frischwasser nur geöffnet, wenn das Ventil 66 wegen der unterschiedlichen Druckverhältnisse geschlossen ist.

Es wird somit der Anordnung zunächst ein Teilstrom des Kühlwassers über den Anionenaustauscher 36 und zusätzlich über das Mischbettfilter 22 zugeführt, bis die elektrische Leitfähigkeit χ_1 im Hauptkreislauf und die elektrische Leitfähigkeit χ_2 hinter dem Anionenaustauscher 36 einen vorbestimmten niedrigen Wert erreichen. Dann wird das Mischbettfilter 22 abgeschaltet und nur der Anionenaustauscher 36 wird betrieben, und dem Hauptkreislauf wird aus der Zuführung 44 über den Anionenaustauscher 36 Natronlauge als Alkalisierungsmittel zugeführt, bis der vorbestimmte pH-Wert erreicht ist. Es stellt sich bei dieser Betriebsweise ein stabiles Gleichgewicht mit einem niedrigen Kupferspiegel im Kühlkreislauf ein.

Die Leitfähigkeitsmesszellen 38 und 64 sowie eine weitere Leitfähigkeitsmesszelle 54 können vorzugsweise zugleich als Signalgeber für die Überwachung und Steuerung des pH-Wertes dienen und aus einer Kombination einer Messzelle mit einem Messwertumformer bestehen.

Im Ausführungsbeispiel ist die Zuführung 44 des Alkalisierungsmittels vor dem Anionenaustauscher 36 angeordnet. Unter Umständen kann es zweckmässig sein, die Zuführung 44 im Hauptkreislauf, vorzugsweise vor der Umwälzpumpe 17, anzuschließen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Kühlanordnung kann der pH-Wert des Kühlwassers in einfacher Weise ermittelt werden mit Hilfe eines zusätzlichen Parallelkreislaufes 50, der einen Kationenaustauscher 52, eine Leitfähigkeitsmesszelle 54 und ein Drosselventil 56 enthält. Der pH-Wert wird ermittelt durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit χ_1 im Hauptkreislauf mit der Leitfähigkeitsmesszelle 64 und durch Messung einer weiteren Leitfähigkeit χ_4 mit der Leitfähigkeitsmesszelle 54 im Parallelkreislauf 50 hinter dem Kationenaustauscher 52, der vorzugsweise ein H^+ -beladenes Harz enthalten kann.

Die Leitfähigkeit im Hauptkreislauf wird hervorgerufen durch Kationen und Anionen, die sich in zwei Gruppen einteilen lassen. Zur ersten Gruppe gehören die Na^+ -Ionen des Alkalisierungsmittels und Metallionen, wie beispielsweise positive Kupfer-, Eisen- oder Nickelionen, bei denen das OH^- -Anion als Partner vorliegt. Zur zweiten Gruppe gehören alle Kationen, die ein anderes Anion als Partner haben. Strömt dieses Wasser über den H^+ -beladenen Kationenaustauscher 52, so werden die Kationen der ersten Gruppe gegen die H^+ -Ionen ausgetauscht und es bildet sich Wasser. Der Leitfähigkeitsbeitrag erfolgt nur über die Dissoziation des Wassers. Die Katio-

nen der zweiten Gruppe werden ebenfalls gegen H^+ -Ionen ausgetauscht, sie tragen aber zur Leitfähigkeit bei ebenso wie die zugehörigen Anionen. Bei geringer Konzentration kann vollständige Dissoziation angenommen werden und die Leitfähigkeit ergibt sich somit aus dem Dissoziationsgrad ≈ 1 , der Ladungszahl und der Beweglichkeiten sowie der Konzentration der Ionen. Die Grenzwerte der Ionenbeweglichkeit in wässriger Lösung sind bekannt. Da sich die Leitfähigkeiten der Kationen zu denen der Anionen verhalten wie die Beweglichkeiten, kann man die Leitfähigkeit der OH^- -Ionen mit weitgehender Annäherung berechnen und erhält dann den pH-Wert als negativen Logarithmus der H^+ -Ionenkonzentration aus

$$pH = -\log \frac{l_k + l_{OH}}{1000} \cdot K_w + \log \left(\chi_1 - \frac{l_A + l_k}{l_H + l_A} \cdot \chi_4 \right).$$

Darin ist

- l_k die mittlere Ionenbeweglichkeit der bei Verwendung von Natronlauge als Alkalisierungsmittel im Kühlkreislauf vorhandenen Kationen Na^+ , Cu^{++} , Ni^{++} , Fe^{++} und l_{OH} die OH^- -Ionenbeweglichkeit und

K_w das Ionenprodukt des Wassers und

l_A die mittlere Ionenbeweglichkeit der im Kühlkreislauf vorhandenen Anionen HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^{--} , Cl^- und

l_H die H^+ -Ionenbeweglichkeit.

- 5 Diese Größen sind temperaturabhängig. Für eine Temperatur von beispielsweise 298 K ergibt sich der pH-Wert in weitgehender Annäherung aus der vereinfachten Beziehung

$$pH = 14,6 + \log (\chi_1 - 0,2768 \chi_4).$$

10

Mit dieser einfachen pH-Wert-Ermittlung kann man den pH-Wert im Kühlkreislauf in einem Bereich zwischen einem oberen und unteren Grenzwert halten.

- Im Ausführungsbeispiel ist als Alkalisierungsmittel Natronlauge NaOH vorgesehen. Es können aber auch andere Alkalisierungsmittel, beispielsweise Kalilauge KOH, Lithiumhydroxid LiOH oder auch Hydrazin N_2H_4 sowie Ammoniak NH_3 verwendet werden.

- 20 Wird anstelle der Natronlauge ein anderes Alkalisierungsmittel verwendet, so werden die konstanten Werte in der angegebenen Beziehung für den pH-Wert entsprechend angepasst.

