



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 3193/81

㉒ Anmeldungsdatum: 15.05.1981

③① Priorität(en): 18.07.1980 DE 3027362

㉔ Patent erteilt: 31.01.1986

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 31.01.1986

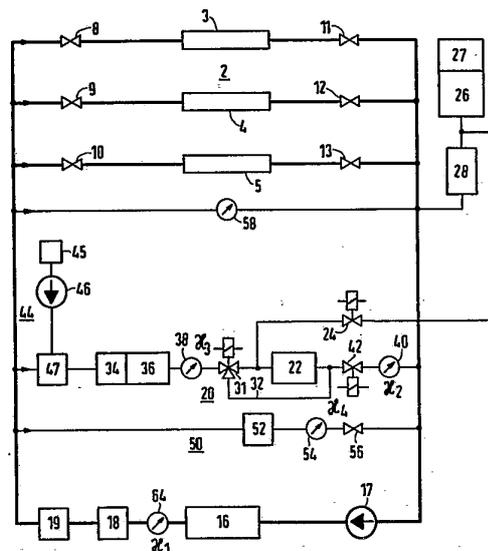
⑦③ Inhaber:
Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München,
München 2 (DE)

⑦④ Erfinder:
Emshoff, Horst Werner, Mülheim/Ruhr (DE)
Küsebauch, Walter, Dr., Erlangen (DE)

⑦④ Vertreter:
Siemens-Albis Aktiengesellschaft, Zürich

⑤④ **Kühlanordnung und Verfahren zum Betrieb der Anordnung.**

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf eine Kühlanordnung, insbesondere zur Kühlung von elektrischen Einrichtungen mit wassergekühlten elektrischen Leitern, mit ionenarmem Kühlwasser (Deionat) und einem geschlossenen Kühlsystem, das einen Parallelkreislauf mit einem Mischbettfilter enthält. Erfindungsgemäss ist dem Mischbettfilter (22) ein alkalischer Kationenaustauscher (34) und ein Anionenaustauscher (36) in der OH-Form vorgeschaltet und das Mischbettfilter ist mit einem Bypass (32) versehen. Mit dieser Anordnung kann das Kühlwasser in einem erhöhten pH-Wertbereich gefahren werden, der für Generatoren vorzugsweise etwa 8 bis 8,4 betragen kann.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kühlanordnung mit ionenarmem Kühlwasser und einem geschlossenen Kühlsystem, das einen Hauptkreislauf und einen Parallelkreislauf mit einem Mischbettfilter enthält, dadurch gekennzeichnet, dass dem Mischbettfilter (22) ein Ionenaustauschersystem vorgeschaltet ist, das einen alkalischierenden Kationenaustauscher (34) und einen Anionenaustauscher (36) in der OH-Form enthält, und dass das Mischbettfilter (22) mit einem Bypass (32) versehen ist.

2. Kühlanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Parallelkreislauf (20) mit einer Zuführung eines Alkalisierungsmittels versehen ist, die in der Strömungsrichtung vor dem Kationenaustauscher (34) angeordnet ist.

3. Kühlanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein zusätzlicher Parallelkreislauf (50) mit einer Reihenschaltung eines Kationenaustauschers (52) mit einer Leitfähigkeitsmesszelle (54) vorgesehen ist.

4. Verfahren zum Betrieb einer Kühlanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömung des Kühlwassers im Parallelkreislauf (20) über den Kationenaustauscher (34) und den Anionenaustauscher (36) sowie den Bypass (32) geleitet wird, und dass der Bypass (32) geschlossen und das Mischbettfilter (22) zugeschaltet wird, sobald der pH-Wert des Kühlwassers einen oberen Grenzwert erreicht hat, und dass das Mischbettfilter (22) abgeschaltet und der Bypass (32) geöffnet wird, sobald der pH-Wert des Kühlwassers wieder sinkt.

5. Verfahren zum Betrieb einer Kühlanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführung (44) des Alkalisierungsmittels geöffnet wird, wenn bei geöffnetem Bypass (32) und geschlossenem Mischbettfilter (22) der pH-Wert des Kühlwassers bis auf einen unteren Grenzwert absinkt.

6. Vorhanden zum Betrieb einer Kühlanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem Parallelkreislauf (20) vor dem Kationenaustauscher (34) das Alkalisierungsmittel zugeführt wird, wenn das Kühlwasser über den Kationenaustauscher (34), den Anionenaustauscher (36) und das Mischbettfilter (22) geleitet wird.

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 nachgeschal-

teten Anlagenteilen wieder abgelagert werden. Die Korrosionsabgaberate 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-Kraftwerks-technik 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 eines Alkalisierungsmittels werden durch den Kationenaustauscher des Mischbettfilters die Kationen 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 bei einer Kühlanordnung erfindungsgemäss vermieden werden mit den Gestaltungsmerkmalen entsprechend dem Kennzeichen des Anspruchs 1.

Das Mischbettfilter ist dabei mit einem Bypass versehen und kann über den Bypass umgangen werden.

Bei der Inbetriebnahme der zu kühlenden Einrichtung wird ein Teilstrom über das vorgeschaltete Ionenaustauschersystem geleitet. Bei Verwendung beispielsweise von Natronlauge als Alkalisierungsmittel wird ein Na^+ -beladener Kationenaustauscher verwendet, der vorhandene Metallionen gegen Natriumionen austauscht. Der Anionenaustauscher tauscht vorhandene Anionen gegen OH^- -Ionen aus. Weiterhin wird das Alkalisierungsmittel physikalisch ausgespült. Dieses mit dem Alkalisierungsmittel versetzte Kühlwasser kann dann über das nachgeschaltete Mischbettfilter geleitet werden, um einen Überschuss an Alkalisierungsmittel abzufangen. Ein Teilstrom wird unter Umgehung des Mischbettfilters dem Hauptkreislauf zugeführt und damit der pH-Wert im Hauptkreislauf erhöht.

Während des Betriebes lässt sich der pH-Wert im Hauptkreislauf über das Verhältnis der Volumenströme über das Mischbettfilter und unter Umgehung des Mischbettfilters über den Bypass regeln. Das Kühlwasser im Parallelkreislauf wird über den Kationenaustauscher und den Anionenaustauscher sowie den Bypass geleitet. Der Bypass wird geschlossen und das Mischbettfilter zugeschaltet, sobald der pH-Wert des Kühlwassers einen oberen Grenzwert erreicht hat. Das Mischbettfilter wird abgeschaltet und der Bypass geöffnet, sobald der pH-Wert des Kühlwassers wieder abnimmt.

Es stellt sich allmählich ein stabiles Gleichgewicht ein, bei dem der Volumenstrom über das Mischbettfilter ganz ausgeschaltet werden kann.

Der alkalischierende Kationenaustauscher und der OH^- -beladene Anionenaustauscher, die dem Mischbettfilter vorgeschaltet sind, können sowohl gemischt als auch getrennt vorliegen.

Das System ist auch gegen Lufteinbrüche, insbesondere einen Kohlendioxid-Einfluss, stabil, weil das gelöste Bicarbonat für pH-Werte grösser als 8 vom Anionenaustauscher vollständig abgefangen wird.

Die Zuführung einer basisch wirkenden Substanz, vorzugsweise Natronlauge, kann zweckmässig im Parallelkreislauf vor dem Kationenaustauscher vorgesehen sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Kühlanordnung

kann noch ein Parallelkreislauf mit einer Reihenschaltung eines Kationenaustauschers mit einer Leitfähigkeitsmesszelle vorgesehen sein. Als Kationenaustauscher wird vorzugsweise ein stark saures Harz in der H-Form eingesetzt, das besonders rein ist. Mit dieser Anordnung kann in einfacher Weise in weit-

gehender Annäherung der pH-Wert des Kühlwassers bestimmt werden.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der als Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Anordnung zur Kühlung von elektrischen Einrich-

tungen schematisch veranschaulicht ist.

In der Figur ist eine Anordnung zur Kühlung einer elektrischen Einrichtungen mit wassergekühlten elektrischen Leitern dargestellt, die beispielsweise ein Generator 2 sein, kann, dessen Ständerwicklung mit 3, Läuferwicklung mit 4 und Ständerblechpaket mit 5 bezeichnet und im Hauptkreislauf jeweils in Reihe mit zwei Ventilen parallel zueinander angeordnet sind. Die in der Figur mit 8 bis 13 bezeichneten Ventile können vorzugsweise Drosselventile sein. Der Hauptkreislauf enthält ferner einen Wärmetauscher 16 sowie eine Pumpe 17 und ein mechanisches Filter 18 und 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 von der Atmosphäre getrennt ist. Das aus dem Ausdehnungsgefäß 26 dem Kühlkreislauf zugeführte Frischwasser kann somit durch das Mischbettfilter 22 gereinigt werden. Aus dem Ausdehnungsgefäß 26, das als Wasser-Vorratsbehälter dient, wird pro Tag beispielsweise etwa 1 l Frischwasser dem Kühlkreislauf zugeführt. Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, dem Ausdehnungsgefäß 26 ein Mischbettfilter 28 nachzuschalten.

Dem Mischbettfilter 22 ist ein Dreiwegeventil 31 vorgeschaltet, das vorzugsweise aus einer Kombination von zwei Magnetventilen bestehen kann und das die Kühlwasserströmung über das Mischbettfilter 22 und den Bypass 32 steuert. Dem Mischbettfilter 22 ist ein Na⁺-beladener Kationenaustauscher 34 und ein Anionenaustauscher 36 in der OH-Form vorgeschaltet. Dieser Parallelkreislauf enthält ferner eine Leitfähigkeitsmesszelle 38, die hinter dem Anionenaustauscher angeordnet ist, und eine weitere Leitfähigkeitsmesszelle 40, die in Reihe mit einem Ventil 42, das vorzugsweise ein Magnetventil sein kann, hinter dem Mischbettfilter 22 angeordnet ist. Im Parallelkreislauf 20 ist ferner eine Zuführung 44 für Natronlauge vorgesehen, die als Alkalisierungsmittel verwendet wird. Die Zuführung 44 besteht aus einem Behälter 45, einer Laugenpumpe 46 und aus einem Mischer 47.

In einem Parallelkreislauf 50 ist ein Kationenaustauscher 52 in Reihe mit einer Leitfähigkeitsmesszelle 54 und einem Drosselventil 56 vorgesehen. Die Leitfähigkeitsmesszelle 54 ermöglicht zusammen mit einer im Hauptkreislauf angeordneten Leitfähigkeitsmesszelle 64 die Ermittlung des pH-Wertes des Kühlwassers.

Die Leitfähigkeitsmesszellen 38, 40, 54 und 64 können vorzugsweise zugleich als Signalgeber für die Überwachung und Steuerung des pH-Wertes dienen und aus einer Kombination einer Messzelle mit einem Messwertumformer bestehen.

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

Durch den Aufbau des Kühlsystems mit dem Parallelkreislauf 20 soll in der Anordnung zur Kühlung des Generators 2 der pH-Wert beispielsweise zwischen etwa 8 und 8,4, vorzugsweise etwa auf 8,3, gehalten werden, weil sich bei höherem pH-Wert eine unzulässig hohe elektrische Leitfähigkeit einstellt.

Während der Inbetriebnahme des Kühlsystems ist die Natronlaugezuführung 44 zunächst geschlossen. Auch der Bypass 32 kann vorzugsweise geschlossen werden. Das Dreiwegeventil

31 öffnet den Kühlstrom zum Mischbettfilter 22 und auch das Ventil 42 hinter dem Mischbettfilter 22 ist geöffnet. Das Kühlwasser wird entionisiert mit Hilfe des Na⁺-beladenen Kationenaustauschers 34 und des OH⁻-beladenen Anionenaustauschers 36 und mit Hilfe des Mischbettfilters 22. Weiterhin wird der Na⁺-beladene Kationenaustauscher 34 von überschüssiger Natronlauge befreit. Sobald die Leitfähigkeit χ_1 im Hauptkreislauf einen unteren Grenzwert von beispielsweise etwa 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und die Leitfähigkeit χ_3 hinter dem Anionenaustauscher 36, die mit der Leitfähigkeitsmesszelle 38 ermittelt werden kann, ebenfalls einen unteren Grenzwert von beispielsweise etwa 1 bis 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erreicht, wird der Bypass 32 über das Dreiwegeventil 31 geöffnet und das Mischbettfilter 22 ausgeschaltet. Damit wird der pH-Wert im Hauptkreislauf angehoben und kann einen oberen Grenzwert erreichen, der 8,4 nicht wesentlich überschreiten wird.

Wird während des Betriebes dieser obere Grenzwert erreicht, so wird der Bypass 32 geschlossen und das Mischbettfilter 22 wieder zugeschaltet. Das Mischbettfilter 22 wird wieder abgeschaltet und der Bypass 32 wieder geöffnet, sobald der pH-Wert des Kühlwassers sinkt.

Sinkt der pH-Wert bei geöffnetem Bypass 32 und geschlossenem Mischbettfilter 22 bis auf einen unteren Grenzwert, beispielsweise 8,0, so wird die Natronlaugezuführung 44 geöffnet und der Kationenaustauscher 34 mit Natriumionen beladen.

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 Kühlwassers nur wenig bei. Es stellt sich deshalb ein stabiles Gleichgewicht mit einem niedrigen Kupferspiegel ein.

Ein Regenerieren des Na⁺-beladenen Kationenaustauschers 34 während des Betriebes der Kühlanordnung ist in einfacher Weise dadurch möglich, dass Natronlauge aus dem Behälter 45 dem Parallelkreislauf zugeführt wird, wenn der Kationenaustauscher 34, der Anionenaustauscher 36 und das Mischbettfilter 22 vom Kühlwasser durchströmt sind. Dadurch werden Metallionen im Kationenaustauscher 34 gegen Natriumionen ausgetauscht, und die frei werdenden Ionen werden im Mischbettfilter 22 herausgefiltert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Kühlanordnung kann der pH-Wert des Kühlwassers ermittelt werden durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit χ_1 im Hauptkreislauf mit Hilfe der Leitfähigkeitsmesszelle 64 und der Messung einer weiteren Leitfähigkeit χ_4 im zusätzlichen Parallelkreislauf 50 hinter dem H⁺-beladenen Kationenaustauscher 52 mit Hilfe der Leitfähigkeitsmesszelle 54. Die Leitfähigkeit im Hauptkreislauf wird hervorgerufen durch Kationen und Anionen, die sich in zwei Gruppen einteilen lassen. Zur ersten Gruppe gehören die Na⁺-Ionen 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 Kationen 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, der Beweglichkeit sowie der Konzentration der Ionen. Die Grenzwerte der Ionenbeweglichkeiten 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 näherungsweise berechnen und erhält dann den

pH-Wert als den negativen Logarithmus der H^+ -Ionenkonzentration zu

$$pH = -\log \frac{I_K + I_{OH}}{1000} \cdot K_w + \log \left(\sim 1 - \frac{I_A + I_K}{I_H + I_A} \cdot \chi_4 \right).$$

Darin ist

I_K die mittlere Ionenbeweglichkeit der bei Verwendung von Natronlauge als Alkalisierungsmittel im Kühlkreislauf vorhandenen Kationen Na^+ , Cu^{++} , Ni^{++} , Fe^{++} ,

I_{OH} die OH^- -Ionenbeweglichkeit,

K_w das Ionenprodukt des Wassers,

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

I_H die H^+ -Ionenbeweglichkeit.

Diese Grössen sind temperaturabhängig. Für eine Tempera-

tur von beispielsweise 298 K ergibt sich der pH-Wert weitgehender Annäherung aus der vereinfachten Beziehung

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

5 Im Ausführungsbeispiel ist als Alkalisierungsmittel Natronlauge vorgesehen und der Kationenaustauscher 34 ist dementsprechend ein Na^+ -beladener Kationenaustauscher. In Verbindung mit Kalilauge KOH als Alkalisierungsmittel wird ein K^+ -beladener Kationenaustauscher vorgesehen sein. Unter Um-

10 ständen kann es zweckmässig sein, auch andere Alkalisierungsmittel, beispielsweise Hydrazin N_2H_4 oder Ammoniak NH_3 sowie Lithiumhydroxyd $LiOH$, zu verwenden.

15 Wird anstelle der Natronlauge ein anderes Alkalisierungsmittel verwendet, so erhält man eine geringe Abweichung der konstanten Werte in der angegebenen Beziehung für den pH-Wert.

