

(19)



(11)

EP 3 309 453 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.04.2018 Patentblatt 2018/16

(51) Int Cl.:
F22B 35/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16193611.7**

(22) Anmeldetag: **13.10.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

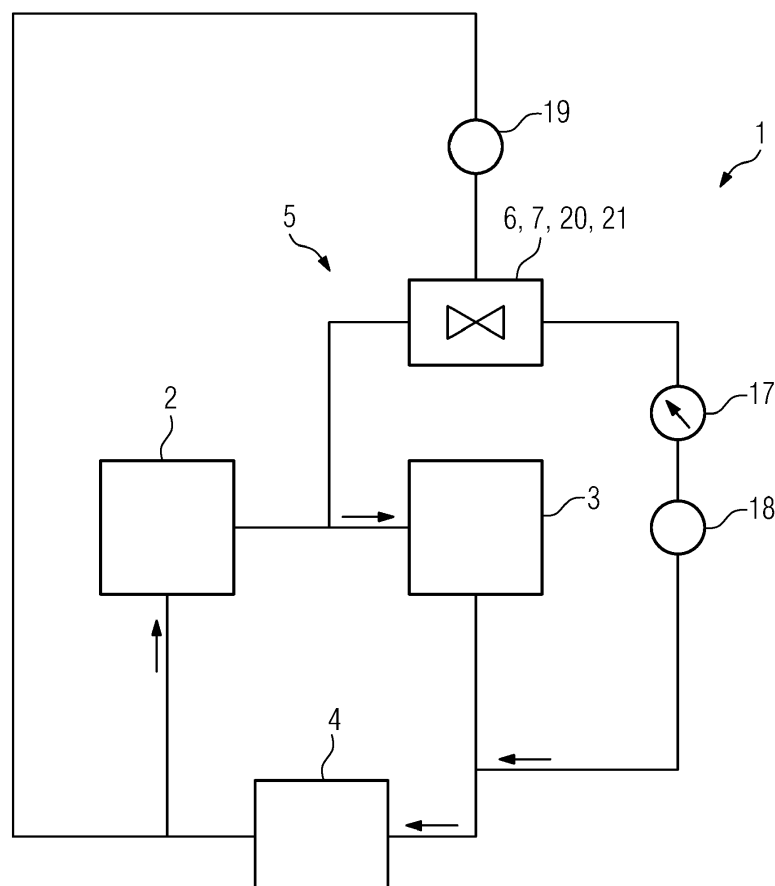
(72) Erfinder:
• **Guntermann, Svea**
45475 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **Minuth, Stephan**
45475 Mülheim a.d. Ruhr (DE)

(54) **REGLER ZUR ENTHALPIEREGELUNG VON WASSERDAMPF**

(57) Die Erfindung betrifft einen Regler (8) zur Enthalpieregulierung von Wasserdampf, wobei der Regler (8) dazu ausgebildet ist, einen Sollwert für die Enthalpie

(S-ET) mit einem Istwert für die Enthalpie (I-ST) zu vergleichen, wobei der Regler (8) als Kaskadenregler ausgebildet ist.

FIG 1



EP 3 309 453 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Regler zur Enthalpieregulierung von Wasserdampf.

[0002] Bei Betrieb von Dampfkraftwerken ist das Einspritzen von fein verteiltem Kühlwasser bzw. Kondensat in den Dampfstrom ein wirksames Verfahren zur Dampfkühlung auch bis nahe an die Sattedampftemperatur heran. In diesem Mischprozess wird das eingespritzte Kühlwasser durch den Wasserdampf erwärmt, so dass das Kühlwasser verdampft und überhitzt, während der Wasserdampf selbst gekühlt wird. Die benötigte Einspritzmenge wird hierbei aus der Gleichheit der Enthalpien und der Summe der Massenströme ermittelt.

[0003] Bei bekannten Enthalpieregulungen werden Werte für die Drücke, Temperaturen und Mengen vom Wasserdampf und Einspritzwasser vor der Armatur und der Dampfdruck hinter der Armatur, wie ein Einspritzventil, gemessen. Mit einem Computerprogramm wird dann die erforderliche Einspritzmenge entsprechend der Sollwerten berechnet. Hierbei erfolgt keine weitere Kontrolle stromabwärts des Einspritzortes ob sich die gewünschte Zielenthalpie wirklich einstellt.

[0004] Ferner ist es bekannt, zur Kontrolle eine Temperaturmessstelle vorzusehen. Diese erlaubt eine Kontrolle der Temperatur, führt aber nicht dazu, dass wie gewünscht eine konstante Enthalpie eingehalten wird, da diese ebenfalls vom sich einstellenden Staudruck einstellt. Der Enthalpie - bzw. Energieeintrag in den Kondensator schwankt somit.

[0005] Es besteht daher Bedarf daran, zumindest einen Weg aufzuzeigen, wie die Enthalpie konstant gehalten werden kann.

[0006] Erfindungsgemäß ist ein Regler zur Enthalpieregulierung von Wasserdampf dazu ausgebildet ist, einen Sollwert für die Enthalpie mit einem Istwert für die Enthalpie zu vergleichen, wobei der Regler als Kaskadenregler ausgebildet ist.

[0007] Somit wird eine direkte Regelung ohne aufwändige Vorsteuerung bereitgestellt. Durch die Ausbildung als Kaskadenregler wird ein Regler mit hoher Regelgenauigkeit sowie mit hoher Stabilität bereitgestellt. So kann auf überraschend einfache Weise die Enthalpie und somit der Energieeintrag in den Kondensator konstant gehalten werden.

[0008] Bevorzugt weist der Regler einen Enthalpie-Regler, einen Durchfluss-Regler und einen Stellungs-Regler auf, wobei der Enthalpie-Regler einem äußeren Regelkreis, der Durchflussregler einem mittleren Regelkreis und der Stellungsregler einem inneren Regelkreis zugeordnet sind. Somit werden die Gesamtregelstrecken in mehrere, kleinere Teilstrecken unterteilt. Dabei weist der innere Regelkreis eine Zeitkonstante auf, die kleiner ist als die Zeitkonstante des mittleren Regelkreises, und die Zeitkonstante des mittleren Regelkreises ist kleiner als die Zeitkonstante des äußeren Regelkreises. So wird sichergestellt, dass der innerste Regelkreis der schnellste und der äußerste Regelkreis der langsamste

Regelkreis ist.

[0009] Bevorzugt ist dem Regler ein Enthalpieberechnungsglied zur Bestimmung des Istwertes für die Enthalpie zugeordnet, das dazu ausgebildet ist, einen Wert repräsentativ für einen Druck und ein weiteren Wert repräsentativ für eine Temperatur auszuwerten. Unter Enthalpie wird eine Energie bzw. eine Zustandsgröße verstanden, die sich aus der Summe aus innerer Energie und dem Produkt aus dem Druck und dem Volumen zusammensetzt. Sie ist ein Maß für den Energieaufwand für einen Phasenübergang und den Energiegehalt eines Stoffes. Die innere Energie ist eine extensive Zustandsgröße. Sie kann z.B. mit der kalorischen Zustandsgleichung bestimmt werden, die z.B. Werte für den Druck, Temperatur, Teilchenzahl, Entropie und Volumen miteinander verknüpft.

[0010] Bevorzugt ist das Enthalpieberechnungsglied dazu ausgebildet, Werte auszuwerten, die stromab einer Vorrichtung zur Wassereinspritzung mit einem Temperatursensor und einem Drucksensor erfasst werden. Somit werden für den Energieeintrag in einen stromab einer Einspritzstelle angeordneten Kondensator direkt erfasst, was eine genauere Erfassung des Energieeintrags erlaubt.

[0011] Ferner gehören zur Erfindung ein Computerprogrammprodukt zum Bereitstellen eines derartigen Reglers, eine Umleitstation mit einer Vorrichtung zur Wassereinspritzung und mit einem derartigen Regler sowie ein Dampfkraftwerk mit einer derartigen Umleitstation.

[0012] Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verbindungselements anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Dampfkraftwerks,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Reglers zur Enthalpieregulierung in dem in Figur 1 dargestellten Dampfkraftwerk, und

Fig. 3 eine schematische Darstellung von Details des in Figur 2 dargestellten Reglers.

[0013] Es wird zunächst auf die Figur 1 Bezug genommen.

[0014] Dargestellt ist ein Dampfkraftwerk 1, z.B. zur Stromerzeugung. Als wesentliche Komponenten weist das Dampfkraftwerk 1 einen Dampferzeuger 2, eine Turbine 3 mit einem angekoppelten Generator (nicht dargestellt) und einen Kondensator 4 auf.

[0015] Der zum Betrieb der Turbine 3 notwendige Wasserdampf wird in dem Dampferzeuger 2 aus zuvor gereinigten und aufbereiteten Wasser erzeugt. Von dem Dampferzeuger 2 aus strömt Wasserdampf über Rohrleitungen in die Turbine 3, wo er einen Teil seiner zuvor aufgenommenen Energie als Bewegungsenergie an die

Turbine 3 abgibt. Danach strömt der entspannte und abgekühlte Wasserdampf in den Kondensator 4, wo er durch Wärmeübertragung an die Umgebung kondensiert und sich als flüssiges Wasser an der tiefsten Stelle des Kondensators 4 sammelt. Das flüssige Wasser wird wieder dem Dampferzeuger 2 zugeführt.

[0016] Ferner weist das Dampfkraftwerk 1 im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Umleitstation 5 auf. Dabei wird unter einer Umleitstation 5 (auch Dampfturbinen-Umleitstation oder Bypass-Station genannt) ein Ventil 6 verstanden, das dazu ausgebildet, Wasserdampf von dem Dampferzeuger 2 um die Turbine 3 herum zu leiten.

[0017] Das ist - zumindest vorübergehend - notwendig, weil der Dampferzeuger 2 nur langsam an einen geänderten Verbrauch angepasst werden kann. Die Umleitung erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel direkt in den Kondensator 4.

[0018] Die Umleitstation 5 kann neben dem Ventil 6 ein schnellwirkendes Absperrventil (nicht dargestellt) aufweisen, wobei im vorliegenden Ausführungsbeispiel das Ventil 6 als Druckreduzierventil mit einer integrierten Vorrichtung 7 zur Wassereinspritzung ausgebildet ist.

[0019] Der Umleitstation 5 ist ein Regler 8 zur Enthalpieregulation von Wasserdampf zugeordnet, der nun unter zusätzliche Bezugnahme auf die Figuren 2 und 3 erläutert wird.

[0020] Der Regler 8 ist als Kaskadenregler mit einem äußeren Regelkreis 14, einem mittleren Regelkreis 15 und einem inneren Regelkreis 16 ausgebildet. Dabei ist dem äußeren Regelkreis 14 ein Enthalpie-Regler 9, dem mittleren Regelkreis 15 ein Durchflussregler 10, und dem inneren Regelkreis 16 ein Stellungsregler 11 zugeordnet.

[0021] Mit dem Enthalpie-Regler 9 wird die Enthalpie von Wasserdampf geregelt, der um die Turbine 3 herumgeleitet wird, während mit dem Durchfluss-Regler 10 die Durchflussmenge des einzuspritzenden Wassers und mit dem Stellungs-Regler 11 ein Öffnungsgrad des Einspritzwasserregelventils 21 geregelt werden.

[0022] Der Enthalpie-Regler 9 und der Durchflussregler 10 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel in der Leittechnik des Dampfkraftwerks 1 realisiert, während der Stellungs-Regler 11 als Hardware direkt am Ventil 6 verbaut ist. Der Enthalpie-Regler 9, der Durchfluss-Regler 10 und der Stellungs-Regler 11 können als zeitkontinuierliche, z.B. als PID-Regler, oder als zeitdiskrete Regler ausgebildet sein.

[0023] Dabei weist der innere Regelkreis 16 mit dem Stellungsregler 11 eine Zeitkonstante auf, die kleiner ist als die Zeitkonstante des mittleren Regelkreises 15 mit dem Durchfluss-Regler 10. Die Zeitkonstante des mittleren Regelkreises 15 mit dem Durchfluss-Regler 10 ist wiederum kleiner als die Zeitkonstante des äußeren Regelkreises 14 mit dem Durchfluss-Regler 10. Somit ist der innere Regelkreis 16 der schnellste und der äußerste Regelkreis 14 der langsamste Regelkreis.

[0024] Ein Enthalpieberechnungsglied 13 (siehe Figur 3) ist vorgesehen, das dazu ausgebildet ist, einen Wert

für einen Druck D und eine Temperatur T des Wasserdampfes einzulesen, die mit jeweils mit einem Drucksensor 17 und einem Temperatursensor 18 erfasst werden, die beide stromab der Vorrichtung 7 zur Wassereinspritzung angeordnet sind.

[0025] Ferner zeigt die Figur 3, dass die Differenz aus dem Enthalpie-Sollwert S-ET und dem Enthalpie-Istwert I-ET von einem Normierungsglied 12 normiert, bevor sie dem Enthalpie-Regler 9 als Eingangsgröße zugeführt wird.

[0026] Der Regler 8 und/oder der Enthalpie-Regler 9 und/oder der Durchflussregler 10 und/oder der Stellungs-Regler 11 und/oder das Enthalpieberechnungsglied 13 können Hard- und/oder Softwarekomponenten aufweisen.

[0027] Das Entropieberechnungsglied 13 liefert im Betrieb unter Auswertung des Druckes D und der Temperatur T einen Enthalpie-Istwert I-ET. Der Enthalpie-Istwert I-ET wird mit einem vorgegebenen Enthalpie-Sollwert S-ET verglichen und dem Enthalpie-Regler 9 als Eingangsgröße zugeführt.

[0028] Der Enthalpie-Regler 9 liefert als Ausgangsgröße einen Durchfluss-Sollwert S-DF. Ein Durchfluss-Istwert I-DF wird mit einem Durchflusssensor 19 erfasst, der stromauf des Einspritzwasserregelventils 21 angeordnet ist. Der Drucksensor 17 und der Temperatursensor 18 stromab der Vorrichtung 7 zur Wassereinspritzung angeordnet.

[0029] Der Durchfluss-Istwert I-DF wird mit dem Durchfluss-Sollwert S-DF verglichen und dem Durchfluss-Regler 10 als Eingangsgröße zugeführt. Der Durchfluss-Regler 10 liefert als Ausgangsgröße einen Stellungs-Sollwert S-ST für einen Öffnungsgrad des Ventils 6.

[0030] Der Stellungs-Sollwert S-ST wird mit einem Stellungs-Istwert I-ST verglichen, der einem Stellungs-sensor 20 erfasst wird, der dem Ventil 6 zugeordnet ist, und dem Stellungs-Regler 11 als Eingangsgröße zugeführt. Der Stellungsregler 11 liefert als Ausgangsgröße ein Steuersignal S zum Ansteuern des Ventils 6, um dieses zu Öffnen oder zu Schließen.

[0031] Des Weiteren ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Schutzeinrichtung vorgesehen, um zu Verhindern, dass ein Energieeintrag in den Kondensator 4 einen Grenzwert überschreitet. Hierzu werden die Abweichungen zwischen periodisch erfassten Enthalpie-Istwerten I-ET und Enthalpie-Sollwerten SET erfasst, z. B. in Form von Prozentwerten, und anschließend aufsummiert bzw. aufintegriert. Wenn der Summen- bzw. Integralwert den Grenzwert überschreitet wird ein Schnellschluss der Umleitstation 5 ausgelöst.

[0032] So kann auf überraschend einfache Weise die Enthalpie und somit der Energieeintrag in den Kondensator 4 konstant gehalten werden und zugleich der Kondensator 4 vor einem zu großen Energieeintrag geschützt werden.

[0033] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und be-

schrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

5

Patentansprüche

1. Regler (8) zur Enthalpieregulierung von Wasserdampf, wobei der Regler (8) dazu ausgebildet ist, einen Sollwert für die Enthalpie (S-ET) mit einem Istwert für die Enthalpie (IST) zu vergleichen, wobei der Regler (8) als Kaskadenregler ausgebildet ist. 10
2. Regler (8) nach Anspruch 1, wobei der Regler (8) einen Enthalpie-Regler (9), einen Durchfluss-Regler (10) und einen Stellungs-Regler (11) aufweist, wobei der Enthalpie-Regler (9) einem äußeren Regelkreis (14), der Durchflussregler (10) einem mittleren Regelkreis (15) und der Stellungsregler (11) einem inneren Regelkreis (16) zugeordnet sind. 15
3. Regler (8) nach Anspruch 1 oder 2, wobei dem Regler (8) ein Enthalpieberechnungsglied (13) zur Bestimmung des Istwertes für die Enthalpie (I-ST) zugeordnet ist, das dazu ausgebildet ist, einen Wert repräsentativ für einen Druck (D) und einen weiteren Wert repräsentativ für eine Temperatur (T) auszuwerten. 20
4. Regler (8) nach Anspruch 3, wobei das Enthalpieberechnungsglied (13) dazu ausgebildet ist, Werte auszuwerten, die stromab einer Vorrichtung (7) zur Wassereinspritzung mit einem Temperatursensor (18) und einem Drucksensor (19) erfasst werden. 25
5. Computerprogrammprodukt, mit Komponenten, die dazu ausgebildet sind, einen Regler (8) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 bereitzustellen. 30
6. Umleitstation (5) mit einer Vorrichtung zur Wassereinspritzung (7) und mit einem Regler (8) nach einem der Ansprüche 1 bis 5. 35
7. Dampfkraftwerk (1) mit einer Umleitstation (5) nach Anspruch 6. 40

55

FIG 1

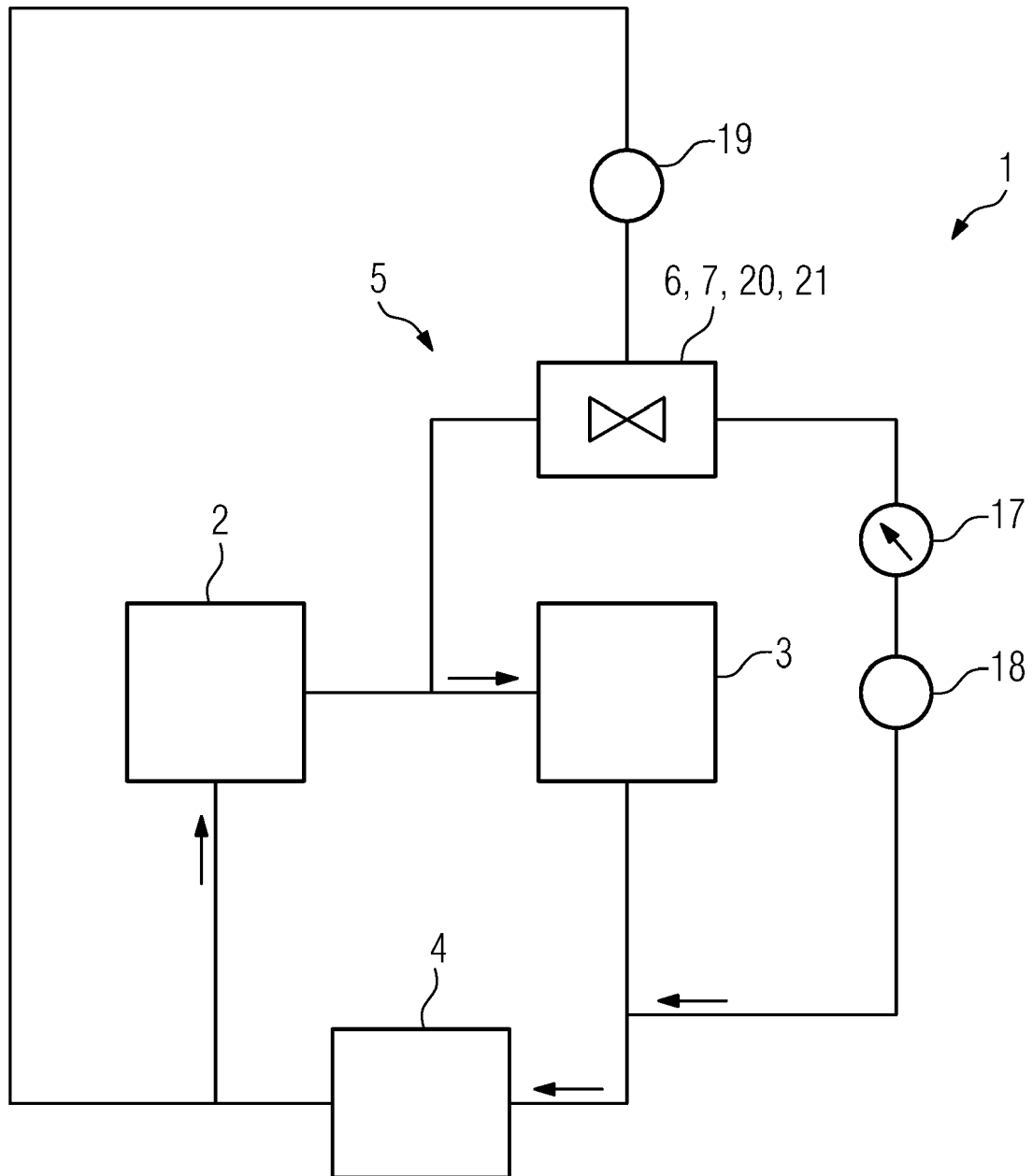


FIG 2

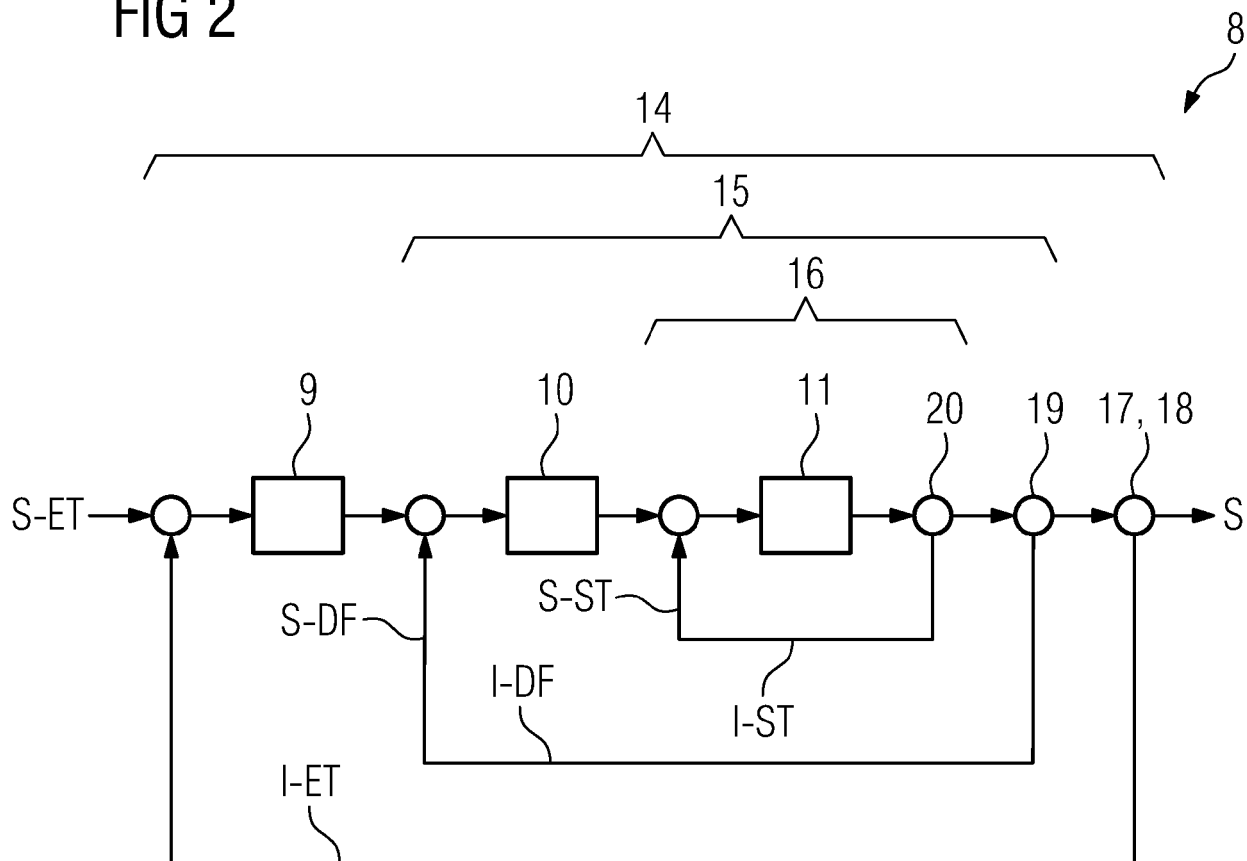
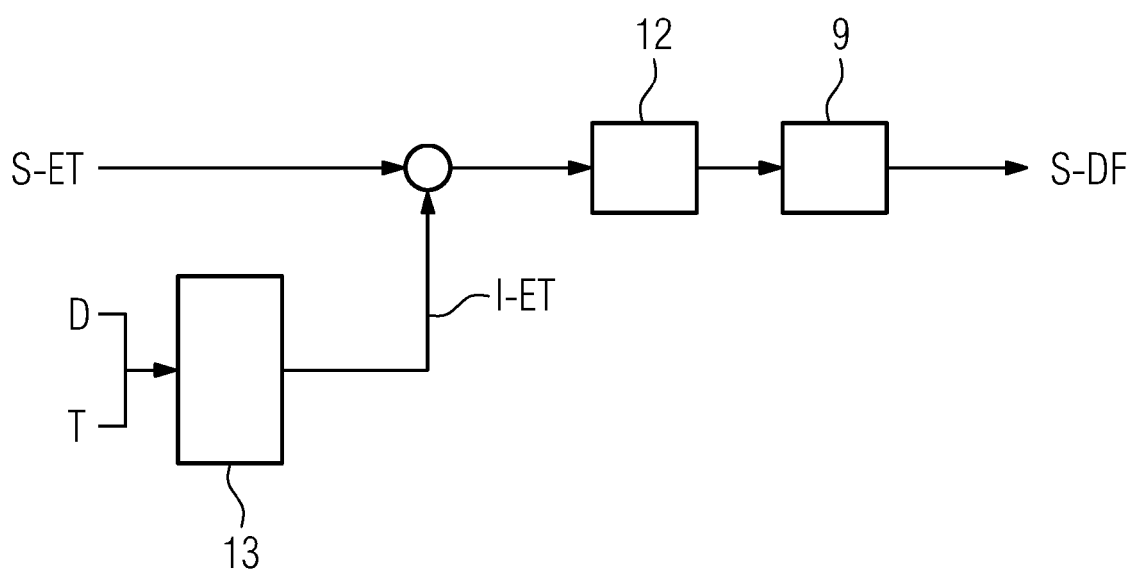


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 19 3611

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2013/133751 A1 (BACKI CHRISTOPH [DE] ET AL) 30. Mai 2013 (2013-05-30)	1,3,5	INV. F22B35/00
A	* Absätze [0068] - [0073]; Abbildungen 2,6 *	2,4,6,7	

A	US 2014/309798 A1 (WENDELBERGER KLAUS [DE]) 16. Oktober 2014 (2014-10-16)	1-7	
	* das ganze Dokument *		

A	EP 0 685 780 A1 (FESTO KG [DE]) 6. Dezember 1995 (1995-12-06)	1-7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F22B
	* das ganze Dokument *		

A	US 2012/072045 A1 (MEERBECK BERNHARD [DE] ET AL) 22. März 2012 (2012-03-22)	1-7	
	* das ganze Dokument *		

A	US 5 735 134 A (LIU SHENG [US] ET AL) 7. April 1998 (1998-04-07)	1-7	
	* das ganze Dokument *		

A	US 4 241 701 A (MORSE RICHARD H [US]) 30. Dezember 1980 (1980-12-30)	1-7	
	* das ganze Dokument *		

A	CN 102 425 863 B (UNIV HOHAI) 2. Januar 2013 (2013-01-02)	1-7	
	* das ganze Dokument *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 13. April 2017	Prüfer Röberg, Andreas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 3611

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-04-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013133751 A1	30-05-2013	CN 102753789 A	24-10-2012
		EP 2510198 A2	17-10-2012
		US 2013133751 A1	30-05-2013
		WO 2011069700 A2	16-06-2011
US 2014309798 A1	16-10-2014	CN 104053866 A	17-09-2014
		EP 2780557 A2	24-09-2014
		US 2014309798 A1	16-10-2014
		WO 2013072464 A2	23-05-2013
EP 0685780 A1	06-12-1995	DE 9409033 U1	28-07-1994
		EP 0685780 A1	06-12-1995
US 2012072045 A1	22-03-2012	AU 2010227607 A1	13-10-2011
		BR PI1012712 A2	05-04-2016
		CA 2756259 A1	30-09-2010
		CN 102414510 A	11-04-2012
		EP 2244011 A1	27-10-2010
		EP 2411735 A2	01-02-2012
		ES 2452167 T3	31-03-2014
		RU 2011142779 A	27-04-2013
		US 2012072045 A1	22-03-2012
		WO 2010108904 A2	30-09-2010
US 5735134 A	07-04-1998	JP H1068554 A	10-03-1998
		US 5735134 A	07-04-1998
US 4241701 A	30-12-1980	KEINE	
CN 102425863 B	02-01-2013	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82