



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 024 914⁽¹³⁾ C1
(51) МПК⁵ G 05 D 23/19

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 4936951/24, 20.05.1991

(46) Дата публикации: 15.12.1994

(56) Ссылки: 1. Авторское свидетельство СССР N 1427349, кл. G 05D 23/19, 1986. 2. Авторское свидетельство СССР N 1583927, кл. G 05D 23/19, 1988.

(71) Заявитель:

Омское научно-производственное объединение
"Сибкриотехника"

(72) Изобретатель: Ковалев Ю.З.,

Ермакович А.В., Малунов В.А., Мель В.А.

(73) Патентообладатель:

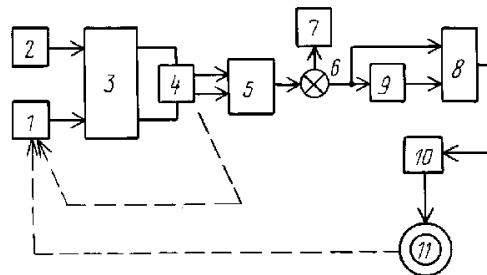
Омское научно-производственное объединение
"Сибкриотехника"

(54) СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ КРИОСТАТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к автоматическому регулированию температуры и может быть использовано для стабилизации температуры в зоне криостатирования. Цель изобретения - снижение мощности и избыточной холодопроизводительности, повышение ресурса и точности стабилизации температуры. Температуру регулируют с помощью нагревателя 4, а избыточную холодопроизводительность - с использованием регулируемого электропривода по отклонению текущего значения избыточной холодопроизводительности от минимального значения. Устройство содержит датчик 1 и датчик 2 температуры, подключенные к входам регулирующего устройства 3, нагреватель 4, измеритель мощности 5, подводимой к нагревателю 4, устройство сравнения 6, датчик 7 избыточной холодопроизводительности, сумматор 8, интегратор 9, силовой преобразователь 10 и электродвигатель 11 привода холодильной

установки. Электродвигатель 11 подключен к выходу силового преобразователя 10. На выходе устройства сравнения 6 формируется напряжение, пропорциональное разности напряжений датчика 7 и измерителя мощности 5. Поступающее на вход сумматора напряжение вызывает изменение напряжения на его выходе, которое поступает на управляющий вход силового преобразователя 10. По мере повышения частоты вращения электродвигателя 11 происходит уменьшение температуры, измеряемой датчиком 1. 2 с.п.ф.-лы, 1 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 024 914** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁵ **G 05 D 23/19**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 4936951/24, 20.05.1991

(46) Date of publication: 15.12.1994

(71) Applicant:
 Omskoe nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie
 "Sibkriotehnika"

(72) Inventor: Kovalev Ju.Z.,
 Ermakovich A.V., Malunov V.A., Mel' V.A.

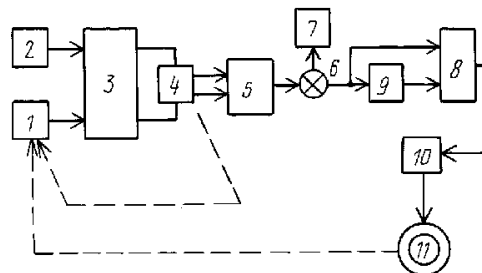
(73) Proprietor:
 Omskoe nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie
 "Sibkriotehnika"

(54) **METHOD OF TEMPERATURE STABILIZATION IN THE ZONE OF CRYOSTATting AND DEVICE FOR ITS REALIZATION**

(57) Abstract:

FIELD: automatic control. SUBSTANCE: temperature is regulated with heater 4; the excessive refrigerating capacity is adjusted with a regulated electric drive by the deviation of the current value of the refrigerating capacity from the minimum one. The device has temperature-sensitive element 1 and temperature reference-input element 2 connected to the inputs of regulating device 3, heater 4, meter 5 of the power fed to heater 4, comparator unit 6, the set-point device 7 of the excessive refrigerating capacity, summator 8, integrator 9, power converter 10 and electric motor 11 of the refrigerating plant drive. Electric motor 11 is connected to the output of power converter 10. The voltage proportional to the voltage drop of set-point device 7 and power meter 5 is formed at the output of comparator unit 6. The voltage going to the

summator input causes alteration at its output of the voltage going to the governing input of power converter 10. As the rotational speed of electric motor 11 is increased, the temperature measured by element 1 is lowered. EFFECT: reduction of the power and the excessive refrigerating capacity, increase in resource and in the temperature stabilization precision. 2 cl, 1 dwg



Изобретение относится к автоматическому регулированию температуры и может быть использовано для стабилизации температуры в зоне криостатирования холодильных установок.

Известен способ стабилизации температуры охлаждаемых объектов, заключающийся в измерении температуры объекта, сравнении с ее заданным значением и формировании управляющего воздействия на исполнительный орган пропорционально их разности. При этом осуществляется реализация пропорционально-интегрального закона регулирования с изменением постоянной времени интегрирования в зависимости от разности температур датчика и задатчика [1].

Недостатком способа и устройства для его осуществления является низкая точность регулирования при значительной инерционности исполнительного органа.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является способ стабилизации температуры в зоне криостатирования холодильных установок, реализуемый устройством для регулирования температуры [2] и заключающийся в измерении температуры в зоне криостатирования, сравнении ее значения с заданным и изменении устанавливаемой на нагревателе мощности пропорционально разности текущего и заданного значений температуры. Устройство для реализации этого способа стабилизации температуры содержит датчик и задатчик температуры, нагреватель и измеритель подводимой к нему мощности, а также регулирующее устройство электрической мощности, устанавливаемой на нагревателе.

Недостатком данного способа и устройства для его осуществления является значительная избыточная холодопроизводительность и потребляемая мощность холодильных установок, обусловленные требуемым запасом этих величин в широком диапазоне изменения условий эксплуатации. Действительно, задаваемая мощность (холодопроизводительность) холодильных установок определяется в первую очередь экстремальными условиями эксплуатации (повышенная температура окружающей среды, увеличенные тепловыделения охлаждаемого объекта). Но при работе в более мягких условиях (в номинальных режимах) для термокриостатирования на заданном уровне требуется компенсация избыточной холодопроизводительности таких установок дополнительной тепловой нагрузкой.

В качестве привода холодильных установок, например, микрокриогенных систем (МКС) обычно используют электродвигатели, как переменного, так и постоянного тока. При этом электрическая мощность, затрачиваемая на получение 1 Вт холода, достигает 100-150 Вт. Таким образом, эффективность данных систем в номинальном режиме работы становится низкой, существенно завышена их потребляемая мощность. Широкий диапазон изменения избыточной холодопроизводительности МКС обуславливает выбор нагревателя, рассчитанного на значительную мощность,

что ужесточает предъявляемые к нему требования. Невозможность регулирования частоты вращения привода снижает ресурс, как электродвигателя, так и используемой в качестве холодильной установки газовой криогенной машины, реализующей холодильный цикл Стирлинга.

Целью изобретения является снижение мощности и избыточной холодопроизводительности, повышение их ресурса и точности стабилизации температуры.

Поставленная цель достигается тем, что в известном способе стабилизации температуры, при котором измеряют температуру в зоне криостатирования, сравнивают ее значение с заданным и пропорционально разности текущего и заданного значений температуры изменяют устанавливаемую на нагревателе электрическую мощность, дополнительно сравнивают значение устанавливаемой на нагревателе мощности с заданным значением избыточной холодопроизводительности холодильных установок и пропорционально их разности изменяют частоту вращения электродвигателя, используемого в качестве регулируемого электропривода холодильных установок.

Для осуществления предлагаемого способа стабилизации температуры в известное устройство, содержащее датчик и задатчик температуры, соединенные с входами регулирующего устройства, нагреватель, подключенный к его выходу, измеритель мощности, подводимой к нагревателю, введены устройство сравнения, соединенное входами с выходом измерителя мощности, подводимой к нагревателю, и с выходом задатчика избыточной холодопроизводительности, а выходом - с входом интегратора и с первым входом сумматора, второй вход которого соединен с выходом интегратора, а выход - с управляющим входом силового преобразователя, к выходу которого подключен электродвигатель, используемый в качестве регулируемого электропривода холодильных установок.

Изменение частоты вращения электродвигателя в зависимости от значения избыточной холодопроизводительности холодильной установки позволило существенно снизить потребляемую мощность в номинальном режиме работы, увеличить ресурс за счет меньшего износа механических узлов и агрегатов.

Наличие двух контуров регулирования: по температуре и по избыточной холодопроизводительности, позволило повысить точность криостатирования температуры, так как с помощью нагревателя по существу компенсируется статистическая ошибка, обусловленная регулированием избыточной холодопроизводительности путем изменения частоты вращения электропривода.

Других технических решений, имеющих признаки, сходные с отличительными признаками предложенного способа стабилизации температуры в зоне криостатирования холодильных установок и устройства для его осуществления и обладающих теми же свойствами, не обнаружено.

На основании этого можно сделать вывод, что предложенное техническое решение обладает существенными отличиями.

На чертеже представлена функциональная схема устройства, реализующего предложенный способ стабилизации температуры.

Устройство для стабилизации температуры в зоне криостатирования холодильных установок содержит датчик 1 и задатчик 2 температуры, подключенные к входам регулирующего устройства 3, нагреватель 4, измеритель мощности 5, подводимой к нагревателю 4, устройство сравнения 6, задатчик 7 избыточной холодопроизводительности, сумматор 8, интегратор 9, силовой преобразователь 10 и электродвигатель 11 привода холодильной установки.

Нагреватель 4 подключен к выходу регулирующего устройства 3. Выход измерителя мощности 5, подводимой к нагревателю 4 и выход задатчика 7 избыточной холодопроизводительности соединены с входами устройства сравнения 6, выход которого соединен с первым входом сумматора 8 и с входом интегратора 9. Второй вход сумматора 8 подключен к выходу интегратора 9, а управляющий вход силового преобразователя 10 соединен с выходом сумматора 8. Электродвигатель 11 привода холодильной установки подключен к выходу силового преобразователя 10.

Устройство реализует предлагаемый способ стабилизации температуры.

При запуске холодильной установки температура в зоне криостатирования выше заданной и установки тепловой мощности на нагревателе не происходит. Так как значение этой мощности P_n ($P_n=0$) не превышает заданного значения избыточной холодопроизводительности q , то осуществляют повышение частоты вращения электропривода холодильной установки пропорционально их текущей разности. При достижении в зоне криостатирования заданной температуры тепловая мощность на нагревателе растет до значения, равного заданной избыточной холодопроизводительности, при достижении которого изменение частоты вращения электропривода не осуществляют. При колебаниях тепловой нагрузки термостатирование осуществляют изменением тепловой мощности, подводимой к нагревателю. Одновременно с этим сравнивают значение тепловой мощности на нагревателе с заданным значением избыточной холодопроизводительности и уменьшают или увеличивают частоту вращения электропривода в соответствии с их разностью. Конечное значение тепловой мощности, устанавливаемой на нагревателе и возможность его оперативного изменения обеспечивает прецизионное статирование температуры даже при мгновенных изменениях тепловой нагрузки. Регулирование частоты вращения электродвигателя по значению избыточной холодопроизводительности ограничивает значение последней, повышает энерго- и ресурсосбережение холодильных установок.

Устройство работает следующим образом.

При запуске холодильной установки температура датчика 1 ниже заданной.

Значение тепловой мощности P_n , устанавливаемой регулирующим устройством 3 на нагревателе 4, равно нулю. На выходе устройства сравнения 6 формируется напряжение ΔU , пропорциональное (или равное) разности напряжений задатчика 7 и измерителя мощности 5,

$\Delta U = K (U_q - U_p)$, где U_q - напряжение задатчика 7, определяющее среднее значение избыточной

холодопроизводительности холодильной установки;

U_p - выходное напряжение измерителя мощности 5, определяющее текущее значение устанавливаемой на нагревателе мощности (текущей избыточной холодопроизводительности).

Поступающее на вход сумматора 8 напряжение ΔU вызывает изменение напряжения на его выходе, которое поступает на управляющий вход силового преобразователя 10. По мере повышения частоты вращения электродвигателя 11 и достижения ее установленного значения, происходит уменьшение температуры, измеряемой датчиком 1. При достижении датчиком 1 температуры, определяемой задатчиком 2, ее регулирование осуществляется изменением тепловой мощности, подводимой к нагревателю. При достижении этой мощности значения избыточной холодопроизводительности, заданного задатчиком 7, изменения скорости вращения электродвигателя не происходит. Выходное напряжение интегратора в этом случае определяет установленную частоту вращения электродвигателя при нулевом выходном сигнале устройства сравнения.

При изменении условий эксплуатации холодильной установки или тепловыделений охлаждаемого объекта, это компенсируется изменением тепловой мощности, устанавливаемой на нагревателе. В свою очередь, по изменению разности сигналов задатчика 7 и измерителя мощности 5 произойдет изменение выходного напряжения сумматора 8 и уменьшение или увеличение холодопроизводительности холодильной установки, благодаря изменению частоты вращения ее привода. После отработки возмущающего воздействия уровень тепловой мощности на нагревателе устанавливается равным заданной избыточной холодопроизводительности.

Таким образом, при компенсации изменения тепловых воздействий охлаждаемого объекта или окружающей среды регулированием тепловой мощности на нагревателе происходит одновременное изменение частоты вращения привода холодильной установки. Это приводит к поддержанию заданной избыточной холодопроизводительности на некотором минимальном уровне, достаточном для оперативной отработки возникающих тепловых воздействий в зону криостатирования. Действительно, высокая точность термостатирования не может быть обеспечена регулированием холодопроизводительности холодильных установок только изменением частоты вращения их привода. Это обусловлено значительной статической ошибкой регулирования, характерной для одноконтурных замкнутых систем

электроприводов.

Повышение точности обусловлено тем, что с помощью нагревателя осуществляется компенсация не полностью каких-либо тепловых воздействий, а только той их части, которую не успевает отработать электропривод холодильной установки.

Кроме этого, существенно повышена устойчивость такой системы за счет наличия самостоятельного контура регулирования температуры, осуществления регулирования избыточной холодопроизводительности по ее отклонению от заданного минимального значения и использования пропорционально-интегрального закона регулирования при управлении частотой вращения привода. Контур регулирования частоты вращения электропривода по избыточной холодопроизводительности не требует высоких коэффициентов усиления, что позволяет легко обеспечить устойчивость устройства для стабилизации температуры в целом.

Среднее значение тепловой мощности нагревателя (избыточной холодопроизводительности холодильных установок) уменьшено в 10-20 раз и составляет 25 мВт для МКС, реализующих цикл Стирлинга. При этом точность термостатирования достигает $\pm (0,05-0,1)$ К.

Потребляемая МКС мощность снижена на 30% и увеличен ресурс на 5-10%.

Формула изобретения:

1. Способ стабилизации температуры в

зоне криостатирования, включающий воздействие на нее холодильной установкой с избыточной холодопроизводительностью, и компенсацию избыточной

5 холодопроизводительности путем электрического нагрева зоны криостатирования в соответствии с отклонением текущей температуры в ней от заданной, отличающийся тем, что, с целью снижения энергозатрат, измеряют электрическую мощность нагрева, сравнивают ее с заданным значением избыточной холодопроизводительности и результат сравнения используют для изменения избыточной холодопроизводительности.

2. Устройство для стабилизации температуры в зоне криостатирования, содержащее датчик и задатчик температуры в зоне, соединенные с входами регулирующего блока, нагреватель, подключенный к его выходу, измеритель электрической мощности нагревателя и холодильную установку с приводом, отличающееся тем, что устройство содержит задатчик избыточной производительности холодильной установки, интегратор, сумматор и блок сравнения, соединенный входами с выходом измерителя электрической мощности нагревателя и с выходом задатчика избыточной производительности холодильной установки, а выходом - с входом интегратора и с первым входом сумматора, второй вход которого соединен с выходом интегратора, а выход - с управляющим входом привода холодильной установки, выполненного регулируемым.

35

40

45

50

55

60