

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Основные положения	5
1.1. Функции регуляторов частоты вращения судового двигателя	7
1.2. Классификация регуляторов частоты вращения.....	8
1.3. Структурные схемы регуляторов.....	9
1.4. Особенности применяемых законов регулирования	11
Контрольные вопросы.....	14
2. Конструкция гидравлических регуляторов частоты вращения	15
2.1. Регуляторы серии UG фирмы WOODWARD	15
2.2. Регуляторы серии PG фирмы WOODWARD	25
2.3. Регуляторы серии SG фирмы WOODWARD.....	41
Контрольные вопросы.....	44
3. Электронные регуляторы частоты	46
3.1. Регулятор частоты вращения MG-800 (NABTESCO).....	46
3.2. Регулятор частоты вращения DGS-8800 (KONGSBERG)	58
3.3. Алгоритм действия регулятора.....	75
Контрольные вопросы.....	77
Литература	78

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных рабочих параметров двигателя внутреннего сгорания, определяющим его режим работы, является частота вращения. Условия эксплуатации судовых двигателей как главных, так и вспомогательных, характеризуются постоянными изменениями нагрузки в большом диапазоне, что вызывает колебания частоты вращения. Это, в свою очередь, может оказать отрицательное влияние на потребителей крутящего момента и сам двигатель. Переменная скорость вращения главного двигателя ухудшает управляемость судном, снижает экономичность работы двигателя, негативно сказывается на устойчивости его работы, приводит к механической перегрузке деталей кривошипно-шатунного механизма. Изменение частоты вращения дизель-генератора приводит к колебаниям параметров, вырабатываемого электрического тока, перераспределению и обменным колебаниям нагрузки в случае параллельной работы двигателей.

Таким образом, поддержание необходимой частоты вращения и ее стабилизация является важным и необходимым при эксплуатации двигателя. Для выполнения этой задачи на судовых двигателях устанавливают регуляторы частоты вращения, которые, также, несут и дополнительные функции. К ним можно отнести ограничение топливоподачи и заданной скорости, управление двигателем, обеспечение параллельной работы двигателей и т. д.

В предлагаемой работе рассмотрены наиболее распространенные в настоящее время гидравлические и электронные регуляторы скорости судовых двигателей. Описаны принципы действия, конструкции, настроечные приспособления и навесные устройства. Учебное пособие может быть использовано для обучения и переподготовки судовых механиков и специалистов, связанных с эксплуатацией двигателей внутреннего сгорания.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Работа судового двигателя характеризуется колебаниями частоты вращения, вызванными нарушением баланса между подводом и отводом энергии. Основными причинами этого являются изменение подачи топлива и нагрузки двигателя. Возникающий при этом переходный режим приводит к изменению тепловых, механических, газодинамических параметров двигателя и, как следствие, вызывает снижение экономичности и надежности его работы.

Область допустимых режимов (или «рабочая») при работе двигателя на винт (рис. 1) ограничена следующими линиями: «легкой» винтовой характеристики — 1, получаемой при движении судна порожнем, без балласта, идеальных погодных условиях и чистом корпусе (нулевом развороте лопастей при работе на винт регулируемого шага); предельной частоты вращения — 2; ограничительной характеристики минимальной подачи топлива — 3; минимально

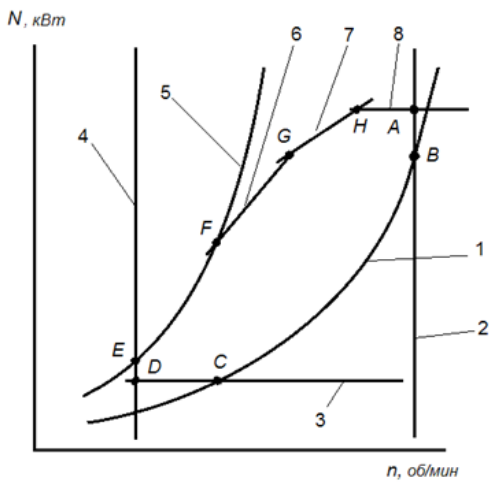


Рис. 1. Область допустимых режимов работы главного двигателя:

1 — винтовая «легкая» характеристика; 2 — предельная частота вращения; 3 — ограничительная характеристика минимальной подачи топлива; 4 — минимально устойчивая частота вращения; 5 — винтовая «тяжелая» характеристика; 6 — ограничительная характеристика по давлению продувочного воздуха; 7 — ограничительная характеристика по крутящему моменту; ограничительная характеристика по максимальной подаче топлива

устойчивой частоты вращения — 4; винтовой «тяжелой» характеристики — 5, получаемой при швартовных испытаниях; ограничительной характеристики по давлению продувочного воздуха — 6; ограничительной характеристики по крутящему моменту — 7; ограничительной характеристики по максимальной подаче топлива — 8. Выход за эти границы приводит к механической (линии 2, 7, 8) и температурной перегрузке (линии 6, 8) двигателя или его неустойчивой работе, вплоть до остановки (линии 3, 4). Функции обеспечения допустимых режимов работы двигателя и изменение его скоростного режима в пределах рабочей области выполняет регулятор частоты вращения.

Необходимость оборудования главных и вспомогательных двигателей регуляторами частоты вращения определена Правилами классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства (далее Регистр) и аналогичными документами иностранных надзорных организаций. Качество и точность регулирования частоты вращения двигателей нормированы международным (ISO 3046-4:2009 «Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 4: Speed governing») и российским (ГОСТ Р 55231–2012 «Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных двигателей внутреннего сгорания») стандартами, а также Регистром для дизель-генераторов. Нормативные значения показателей качества и точности регулирования приведены в *табл. 1*. В пп. 2, 3, 4 указаны проценты от номинальной частоты вращения.

Регулирующим воздействием регулятора частоты вращения на двигатель является изменение топливоподачи посредством перемещения топливной рейки топливных насосов высокого давления (ТНВД) или газорегулирующего клапана у двухтопливных двигателей. Требуемое для этого усилие и скорость перемещения зависят от мощности двигателя, конструкции и количества ТНВД. Возможность регулятора для их выработки характеризуется показателем работоспособность R , определяемым как произведение усилия сервомотора и хода его поршня и измеряется в Hm (американские производители в фунт-сила · фут):

$$R = F_c L,$$

где F_c — среднее за ход усилие, развиваемое сервомотором;

L — ход поршня сервомотора от нулевой подачи топлива до номинальной.

Нормативные значения
показателей качества регулирования частоты вращения

№	Показатели качества и точности регулирования	Для главных двигателей (ГОСТ)	Для дизель-генераторов (Регистр)
1.	Время переходного процесса регулирования	≤ 10 с	≤ 5 с
2.	Динамическое отклонение (наибольшее временное отклонение частоты вращения от заданного значения во время регулирования)	≤ 10 %	≤ 10 %
3.	Наклон статической характеристики (степень неравномерности)	≤ 10 %	≤ 5 %
4.	Нестабильность (нечувствительность)	$\leq 1,5$ %	$\leq 1,0$ %

Значение максимальной работоспособности обычно указывается в маркировке регулятора.

Электронные регуляторы, использующие в качестве исполнительного устройства электродвигатель, характеризуются максимальным моментом на его выходном валу.

1.1. Функции регуляторов частоты вращения судового двигателя

Современные регуляторы частоты вращения представляют собой многофункциональные устройства. Набор задач, решаемых регуляторами скорости, определяется назначением, свойствами, условиями работы двигателя. Однако можно выделить следующие функции, которые являются основными практически для всех регуляторов. К ним относятся:

1) обеспечение (поддержание) заданного скоростного режима двигателя;

2) обеспечение управления двигателем (установка пусковой подачи топлива при пуске, отключение подачи топлива при остановке двигателя или срабатывании системы защиты, изменение

скоростного режима по команде системы дистанционного управления);

3) обеспечение параллельной работы двигателей (предотвращение возникновения обменных колебаний нагрузки, распределение нагрузки между двигателями);

4) ограничение подачи топлива:

— по максимальному значению (ограничение предельной нагрузки),

— по минимальному значению (предотвращение выхода в область неустойчивой работы и остановки двигателя),

— по частоте вращения (по крутящему моменту),

— по давлению продувочного воздуха;

5) защита двигателя:

— по предельной частоте вращения,

— по падению давления в системе смазки или охлаждения двигателя,

— отключение подачи топлива по сигналу от системы защиты двигателя.

6) ограничение задания частоты вращения.

Для выполнения большинства указанных функций в состав регуляторов входят дополнительные навесные или встроенные устройства.

1.2. Классификация регуляторов частоты вращения

Конструкция регуляторов, их свойства довольно разнообразны. Рассмотрим классификацию регуляторов скорости по основным признакам.

1. По виду энергии, используемой для выработки регулирующего воздействия:

— механические — используется механическая энергия;

— гидравлические — используется энергия жидкости под давлением;

— электрические (электронные) — используется электрический ток;

— комбинированные — используется несколько видов энергии.

2. По источнику энергии, используемой для выработки регулирующего воздействия:

— регуляторы прямого действия — регулирующее воздействие вырабатывается в измерителе регулятора (датчиком или задатчиком);

— регуляторы непрямого действия — регулирующее воздействие вырабатывается усилителем, за счет дополнительно подводимой энергии.

3. По точности регулирования:

— статические регуляторы — регулирование осуществляется с ошибкой;

— астатические регуляторы — обеспечивают точное поддержание частоты вращения (без ошибки);

— универсальные — возможно регулирование как с ошибкой, так и без (задается настройкой регулятора).

4. По закону регулирования:

— интегральные (*I*) регуляторы;

— пропорциональные (*P*) регуляторы;

— пропорционально-интегральные (*PI*) регуляторы;

— пропорционально-интегральные с остаточной неравномерностью (*PI+I*) регуляторы;

— пропорционально-интегрально-дифференциальные (*ПИД*) регуляторы.

5. По диапазону изменения регулируемого параметра:

— однорежимные регуляторы — диапазон возможного изменения частоты вращения небольшой (примерно 80–105 % от номинального значения);

— всережимные регуляторы — регулирование возможно во всем рабочем диапазоне двигателя (20–105 % от номинального значения).

— предельные регуляторы — рабочий диапазон находится выше номинального значения частоты вращения.

1.3. Структурные схемы регуляторов

Регуляторы частоты вращения могут состоять из разнообразных по конструкции и принципу действия элементов. Однако если рассматривать только их назначение, то в составе всех регуляторов можно выделить типовые элементы или функциональные блоки. С помощью них регулятор может быть представлен в виде функциональной, или структурной схемы.

Регуляторы прямого действия (*рис. 2*) состоят обычно из трех функциональных элементов: чувствительного элемента (датчика),

задающего элемента (задатчика) и элемента сравнения. Датчик служит для измерения текущего значения частоты вращения, задатчик — для задания частоты вращения, элемент сравнения определяет величину отклонения частоты вращения от заданного значения.

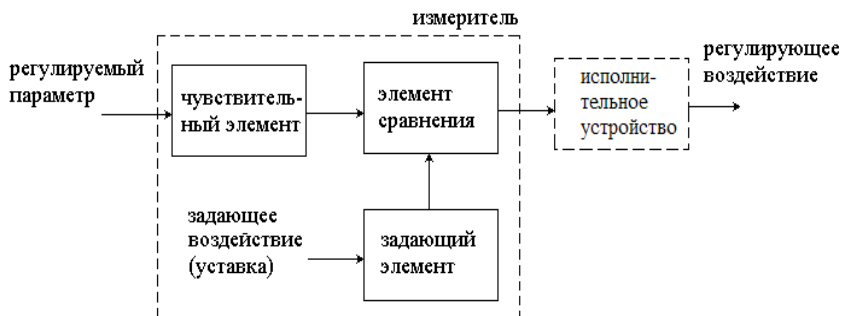


Рис. 2. Структурная схема регулятора прямого действия

Эти элементы конструктивно образуют измеритель. Также в состав регулятора прямого действия иногда может входить исполнительное устройство (сервомотор), служащее для преобразования сигнала от измерителя в регулирующее воздействие (если это необходимо).

В состав регуляторы непрямого действия (рис. 3) входят:

- измеритель, состоящий из датчика, задатчика и элемента сравнения;
- усилитель, состоящий из управляющего элемента и исполнительного устройства (сервомотора);
- обратные связи.

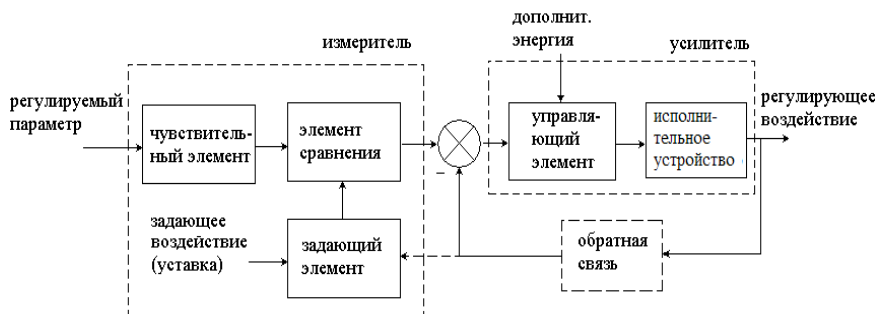


Рис. 3. Структурная схема регулятора непрямого действия

В усилителе за счет подводимой энергии происходит усиление сигнала и преобразование его в нужный вид — перемещение. Для получения большого по величине регулирующего воздействия усилитель может иметь несколько каскадов (ступеней) усиления.

Отрицательные обратные связи используются для корректировки динамических свойств элементов регулятора. Определяющей для свойств регулятора является отрицательная обратная связь, охватывающая усилитель. В регуляторах частоты вращения обычно используют «жесткие» обратные связи — постоянно действующие, и/или «гибкие» (изодромные) — временные.

Наличие или отсутствие обратных связей, а также их количество и тип определяют свойства регулятора, то есть его закон регулирования. Обратные связи обычно имеют настроечные приспособления, с помощью которых и осуществляется корректировка свойств (настройка) регулятора.

1.4. Особенности применяемых законов регулирования

Основным признаком, отражающим динамические и статические свойства регулятора, его возможности и назначение, является закон регулирования (вид математической зависимости, по которой вырабатывается регулирующее воздействие). Наиболее распространены следующие.

1. Пропорциональный (*P*-регулятор).

Положительные свойства:

- простота;
- способность работать на устройствах, не обладающих самовыравниванием;
- способность обеспечить параллельную работу двигателей.

Недостатки — является статическим (поддержание параметра с ошибкой).

Конструктивным признаком *P*-регулятора непрямого действия является наличие «жесткой» (постоянно действующей) обратной связи.

Настроечным параметром, влияющим на свойства регулятора, является коэффициент усиления регулятора K_p . В качестве настроечного приспособления для его изменения чаще всего используется подвижная опора одного из рычагов «жесткой» обратной связи.

Обычно применяется в регуляторах частоты вращения прямого действия, но может быть реализован и в регуляторах непрямого действия (например, SG, TG фирмы WOODWARD).

2. Пропорционально-интегральный (ПИ-регулятор).

Положительные свойства:

- является астатическим (регулирование без ошибки);
- способен работать на устройствах, не обладающих самовыравниванием.

Недостатки:

- не способен обеспечить параллельную работу двигателей;
- длительный (по сравнению с П- и ПИД-регуляторами) процесс регулирования.

Конструктивным признаком ПИ регулятора непрямого действия является наличие «гибкой» (временной) обратной связи. Отключение обратной связи осуществляется изодромом (катарактом), который является одним из ее элементов. Поэтому часто «гибкую» обратную связь называют изодромной, а ПИ-регулятор — изодромным регулятором.

Корректировка свойств регулятора может быть осуществлена изменением двух настроечных параметров. Основным является постоянная времени интегрирования (постоянная времени изодрома) T_{ii} , вспомогательный настроечный параметр — коэффициент усиления регулятора K_p . В качестве настроечного приспособления для изменения T_{ii} используется дроссельный клапан (игла) изодрома, а для изменения K_p — подвижная опора рычага обратной связи. Встречаются ПИ регуляторы частоты вращения, использующие только один настроечный параметр — T_{ii} и, соответственно, одно настроечное приспособление (например, регуляторы серии PG фирмы WOODWARD).

3. Пропорционально-интегральный с остаточной неравномерностью (ПИ+П-регулятор).

Положительные свойства:

- возможна работа, как с ошибкой, так и без нее (зависит от настройки);
- способен обеспечить параллельную работу двигателей;
- способен работать на устройствах, не обладающих самовыравниванием.

Конструктивным признаком ПИ+П-регулятора является наличие двух обратных связей — «жесткой» и «гибкой».

Настроечные параметры: постоянная времени интегрирования (постоянная времени изодрома) $T_{и}$, вспомогательный настроечный параметр — коэффициент усиления регулятора K_p . В качестве настроечного приспособления для изменения $T_{и}$ используется дроссельный клапан (игла) изодрома, коэффициент усиления регулятора изменяется перемещением опор рычагов «жесткой» и/или «гибкой» обратных связей. Имеется возможность перенастроить регулятор на *ПИ* закон регулирования, отключив с помощью настроечного приспособления «жесткую» обратную связь.

Данные регуляторы обычно применяются для регулирования частоты вращения параллельно работающих двигателей и турбин. Используется в универсальных регуляторах (UG, PSG фирмы WOODWARD, российском РН и др).

4. Пропорционально-интегрально-дифференциальный (*ПИД*-регулятор).

Положительные свойства:

- является астатическим (работает без ошибки);
- способен работать на устройствах, не обладающих самовыравниванием;
- обеспечивает качественное регулирование (минимальное время регулирования, небольшой динамический заброс).

Недостатки:

- сложность конструкции (для неэлектронных регуляторов);
- не способен обеспечить параллельную работу двигателей;
- сложность настройки;
- чувствительность к высокочастотным колебаниям регулируемого параметра и «шумам».

Конструктивной особенностью неэлектронных *ПИД* регуляторов является наличие «гибкой» обратной связи и измерителя скорости изменения параметра (дифференциального блока).

Настроечные параметры: постоянная времени интегрирования (постоянная времени изодрома) $T_{и}$, постоянная времени дифференцирования $T_{д}$, коэффициент усиления регулятора K_p .

ПИД закон регулирования обычно применяется в электронных регуляторах частоты вращения двигателей.

Стоит отметить, что многие изготовители используют собственные названия настроечных параметров и, соответственно, настроечных приспособлений регуляторов, отличные от приведенных выше.

Контрольные вопросы

1. В каких документах определены нормативные показатели качества регулирования частоты вращения судовых двигателей внутреннего сгорания?
2. Что такое работоспособность регулятора частоты вращения?
3. Назвать основные функции регулятора частоты вращения.
4. Назвать настроечные параметры пропорционального регулятора.
5. Назвать настроечные параметры пропорционально-интегрального регулятора.
6. Назвать настроечные параметры пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора.
7. Назвать основное отличие «жесткой» обратной связи от «гибкой».

2. КОНСТРУКЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

2.1. Регуляторы серии UG фирмы WOODWARD

Регулятор UG непрямого действия, гидравлический, с центробежным измерителем и одноступенчатым усилителем. В качестве рабочей жидкости используется смазочное масло, нагнетаемое встроенным шестеренным насосом.

Маркировка регулятора: буквы UG обозначают «универсальный регулятор», последующее число указывает приближенное значение максимальной работоспособности в фунт-сила · фут. Буквы после числа обозначают конструктивное исполнение (L) и наличие ограничительных устройств (T).

Например, UG-40TL обозначает: универсальный регулятор, максимальная работоспособность — 40 фунт-сила · фут, рычажного исполнения, имеет встроенные устройства ограничения подачи топлива по давлению продувочного воздуха и частоте вращения. UG-8 — универсальный регулятор циферблатного (шкального) исполнения, с максимальной работоспособностью на выходном валу 7,6 фунт-сила · фут.

Регуляторы этой серии выпускаются в двух конструктивных исполнениях — циферблатном (шкальном) и рычажном. Они отличаются конструкцией задающего устройства, количеством настроечных приспособлений, составом ограничительных устройств.

Регуляторы серии UG циферблатного (шкального) исполнения

Регуляторы данного исполнения применяются на параллельно работающих главных и вспомогательных судовых двигателях, а также вспомогательных паровых турбинах. Закон регулирования пропорционально-интегральный с остаточной неравномерностью (ПИ+П). Их конструктивным отличием является наличие двух обратных связей, «гибкой» (изодромной) и «жесткой». Возможно отключение «жесткой» обратной связи с помощью соответствующего настроечного приспособления. В этом случае регулятор становится

пропорционально-интегральным (III) и не может обеспечить параллельную работу двигателей.

Конструкция задающего устройства позволяет задавать частоту вращения в небольшом диапазоне, поэтому эти регуляторы используются как однорежимные. Предусмотрена возможность корректировки границ рабочей зоны, при этом ее величина не изменяется.

Внешний вид регулятора циферблатного исполнения показан на *рис. 4*. Регулятор состоит из основания 7, корпуса 10, крышки 14. С помощью основания регулятор крепится к двигателю. В основании имеются отверстия для подключения различных вспомогательных устройств. На передней стороне расположены отверстие для слива масла 8 и заглушка дроссельной иглы изодрома 9.

На передней части корпуса установлена панель 13 с настраиваемыми приспособлениями и индикаторами: рукояткой SPEED DROOP 12, рукояткой SPEED SETTING (на старых версиях — SYNCHRONIZER) 4, рукояткой и индикатором LOAD LIMIT 11, рукояткой и индикатором SET. INDICATOR (на старых версиях — SIN. INDICATOR) 6.

В верхней части корпуса расположены выходной вал регулятора 3 и мерительное стекло для контроля уровня масла 2. С правой стороны в средней части корпуса имеется рычаг-указатель COMPENSATION 5.

На крышке располагается горловина для заливки масла 1. Также могут быть установлены исполнительное устройство для дистанционного задания частоты вращения (электродвигатель или приемный сиффон), соленоидные катушки для отключения подачи топлива по сигналу от систем управления и защиты двигателя.

В корпусе располагаются центробежный измеритель, гидравлический усилитель, обратные связи и вспомогательные устройства (шестеренный насос, гидравлические аккумуляторы). Также корпус выполняет функцию емкости рабочей жидкости (масла).

На *рис. 5* приведена принципиальная схема регулятора. Центробежный измеритель образован чашкой с закрепленными в ней центробежными Г-образными грузами 21, задающей конической пружиной 23 и упорным подшипником 22. Измеритель приводится во вращение валом 13 от приводного вала регулятора 12. Подшипник 22 связан штоком с управляющим золотником усилителя 11. Усилитель состоит из управляющего золотника 11 и поршневого сервомотора двустороннего действия 7.

Шток сервомотора соединен с выходным валом регулятора 3. «Жесткая» обратная связь образована рычагом 2 с подвижной опорой 25, перемещаемой кулачком 24. «Гибкая» обратная связь состоит из изодрома 17 и рычага 19 с подвижной опорой 10. Изодром имеет подпружиненные задающий 15 и приемный 18 поршни. Внутренняя полость изодрома сообщается с масляной ванной регулятора через дроссельный клапан 16.

Шестеренный насос 6 подает масло в напорную магистраль регулятора и приводится во вращение от приводного вала регулятора 13. Насос имеет четыре невозвратных шариковых клапана для обеспечения подачи масла независимо от направления вращения приводного вала. Для поддержания давления в напорной магистрали служит сдвоенный гидравлический аккумулятор 5.

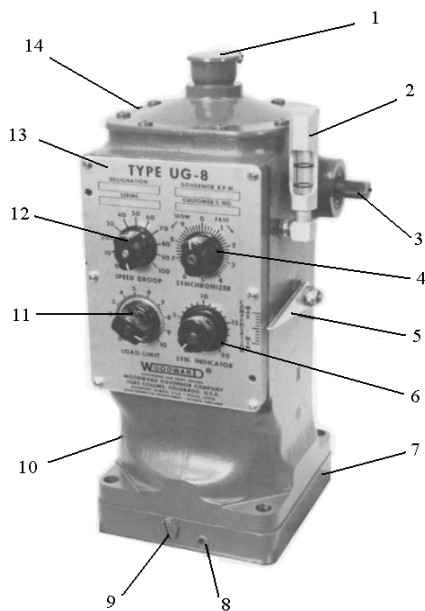


Рис. 4. Внешний вид регулятора серии UG циферблатного исполнения:

1 — горловина для заливки рабочей жидкости; 2 — указатель уровня рабочей жидкости; 3 — выходной вал; 4 — рукоятка SPEED SETTING; 5 — рычаг-указатель COMPENSATION; 6 — рукоятка и индикатор SET. INDICATOR; 7 — основание; 8 — отверстие для слива рабочей жидкости; 9 — заглушка дроссельного клапана изодрома; 10 — корпус; 11 — рукоятка и индикатор LOAD LIMIT; 12 — рукоятка SPEED DROOP; 13 — панель настроечных приспособлений; 14 — крышка

Принцип действия регулятора. На принципиальной схеме (рис. 5) узлы регулятора находятся в положении, когда действительная частота вращения двигателя равна заданной. При этом усилие от задающей пружины 23, действующее на упорный подшипник сверху, равно силе действия центробежных грузов 21 на подшипник снизу. Соответственно, рабочий поясok 12 плунжера золотника 11 перекрывает канал подачи масла в нижнюю полость сервомотора 7. Верхняя (штоковая) полость сервомотора всегда находится под рабочим давлением. Однако, поскольку масло в нижней полости «заперто», то поршень сервомотора зафиксирован в определенном положении, обеспечивая необходимую подачу топлива в двигатель. Масло, нагнетаемое насосом 6 в напорную полость, перепускается в масляную ванну через сливные отверстия гидравлических аккумуляторов 5.

Увеличение частоты вращения вызывает увеличение центробежных сил, действующих на вращающиеся Г-образные грузы 21, что приводит к нарушению баланса сил на упорном подшипнике 22. Преодолевая действие задающей пружины 23, грузы расходятся и поднимают подшипник. Это движение передается через шток и плавающий рычаг плунжеру управляющего золотника 11. Плунжер поднимается, и его рабочий поясok 12 открывает канал, тем самым сообщая нижнюю полость сервомотора со сливом в масляную ванну. Под действием давления масла в верхней (штоковой) полости поршень сервомотора 7 начинает двигаться вниз, поворачивая выходной вал 3 регулятора в сторону уменьшения подачи топлива. Это приводит к восстановлению заданного значения частоты вращения.

Одновременно с этим начинают действовать обратные связи, ускоряя процесс стабилизации частоты вращения. При движении штока сервомотора вниз рычаг «жесткой» обратной связи 2 нажимает на задающую пружину, увеличивая ее натяг. Сила, действующая на подшипник 22 сверху, увеличивается, и подшипник начинает двигаться вниз. Под его действием плунжер золотника 11 также опускается. Рабочий поясok плунжера перекрывает нижний канал сервомотора, и поршень 7 останавливается, фиксируя новую подачу топлива в двигатель, необходимую для восстановления заданной частоты вращения. Рычаг «гибкой» обратной связи 19 перемещает задающий поршень 18 изодрома 17 вверх. В полости изодрома возникает разрежение, и приемный поршень 15 под действием внешнего атмосферного давления движется вниз. Это движение через плавающий рычаг передается на плунжер и суммируется с действием

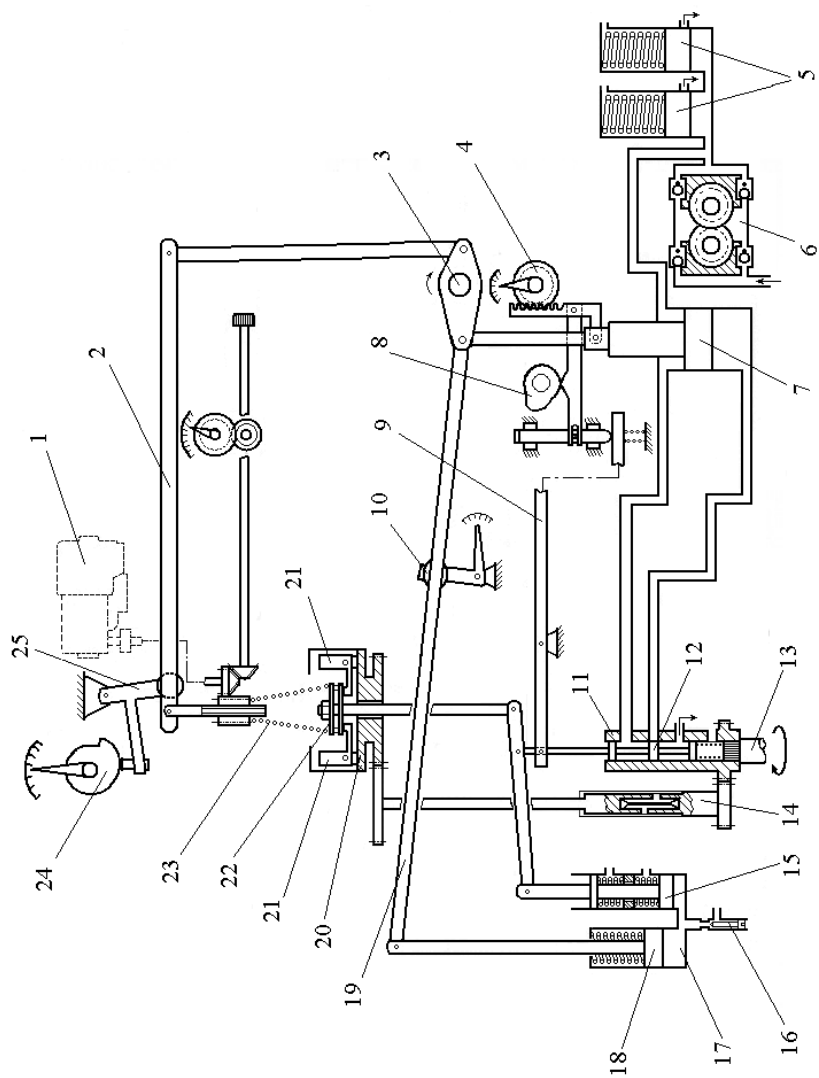


Рис. 5. Принципиальная схема регулятора серии УГ цифроблатного исполнения

«жесткой» обратной связи, возвращая его в исходное положение. Однако разрежение в изодроме из-за подсоса масла через дроссельную иглу 16 постепенно уменьшается, ослабляя действие «гибкой» обратной связи на плунжер золотника. Когда давление в изодроме станет равным атмосферному, действие обратной связи прекратится.

Уменьшение частоты вращения приводит к перемещению упорного подшипника 22 вниз, поскольку усилие от грузов, действующее снизу, становится меньше усилия от натяга задающей пружины, действующего сверху. Это вызывает перемещение плунжера золотника вниз.

Рабочий поясок 12 плунжера открывает канал, ведущий к нижней полости сервомотора, и сообщает его с верхней, напорной полостью золотника. В нижней полости сервомотора создается давление, равное давлению в верхней полости. Поскольку площадь поршня 7 снизу значительно превышает площадь сверху, то возникает усилие, вызывающее перемещение поршня вверх. Соответственно выходной вал 3 поворачивается в сторону увеличения подачи топлива.

Рычаг «жесткой» обратной связи 2 ослабляет задающую пружину, упорный подшипник 22 начинает двигаться вверх, поднимая плунжер золотника 11. Когда рабочий поясок 12 плунжера перекроет нижний канал, поршень сервомотора остановится, установив новую подачу топлива. Рычаг «гибкой» обратной связи 19 перемещает задающий поршень 18 изодрома 17 вниз. В полости изодрома возрастает давление, и приемный поршень 15 начинает двигаться вверх. Это движение через плавающий рычаг передается на плунжер и суммируется с действием «жесткой» обратной связи, возвращая его в исходное положение. Однако постепенно из-за стравливания через дроссельную иглу давление в изодроме уменьшается, ослабляя действие обратной связи. Когда давление в изодроме станет равным атмосферному, «гибкая» обратная связь отключается.

Настроечные приспособления регулятора. На передней панели располагаются четыре рукоятки и два индикатора.

Рукоятка SPEED DROOP служит для установки степени неравномерности (наклона статической характеристики). Она перемещает опору 25 рычага «жесткой» обратной связи, изменяя тем самым коэффициент усиления «жесткой» обратной связи и, соответственно, регулятора.

Рукоятка SPEED SETTING (на старых версиях — SYNCHRONIZER) служит для местного задания частоты вращения,

которую будет поддерживать регулятор. Изменяет затяг задающей пружины 23.

Рукоятка LOAD LIMIT предназначена для задания предельного положения топливной рейки двигателя и тем самым ограничивает его нагрузку. Приводит во вращение кулачок 8, ограничивающий перемещения плунжера золотника 11 и поршня сервомотора 7. Кольцо вокруг рукоятки служит индикатором текущего положения топливной рейки (показывает нагрузку двигателя). Оно связано со штоком сервомотора.

Рукоятка SET. INDICATOR (на старых версиях — SYN. INDICATOR) декоративная. Однако под панелью, на оси рукоятки, располагается настроечное приспособление для задания предельных (максимальной и минимальной) частот вращения двигателя. Вокруг рукоятки имеется кольцо, служащее индикатором степени затяжки задающей пружины.

Дроссельная игла изодрома 16 (располагается под заглушкой на передней стороне основания) является основным настроечным приспособлением для динамической настройки регулятора и позволяет изменять постоянную времени интегрирования. Степень ее открытия определяет время действия «гибкой» обратной связи.

Рычаг-указатель COMPENSATION (располагается на боковой стороне корпуса) служит вспомогательным настроечным приспособлением для динамической настройки. Перемещает опору 10 рычага «гибкой» обратной связи 19, изменяя этим ее коэффициент усиления и, соответственно, коэффициент усиления регулятора.

Регулятор серии UG рычажного исполнения

Регуляторы рычажного исполнения (рис. 6) этой серии предназначены для установки на двигателях, работающих автономно, обычно на главных малооборотных двигателях. В маркировке рычажное исполнение обозначается буквой L.

Закон регулирования пропорционально-интегральный с остаточной неравномерностью (ПИ+П). Конструктивными отличиями можно считать отсутствие панели с настроечными приспособлениями, другую конструкцию задающего устройства. Также эти регуляторы обычно имеют встроенные ограничительные устройства по максимальному значению подачи топлива (ограничитель нагрузки), давлению продувочного воздуха и частоте вращения (крутящему моменту).

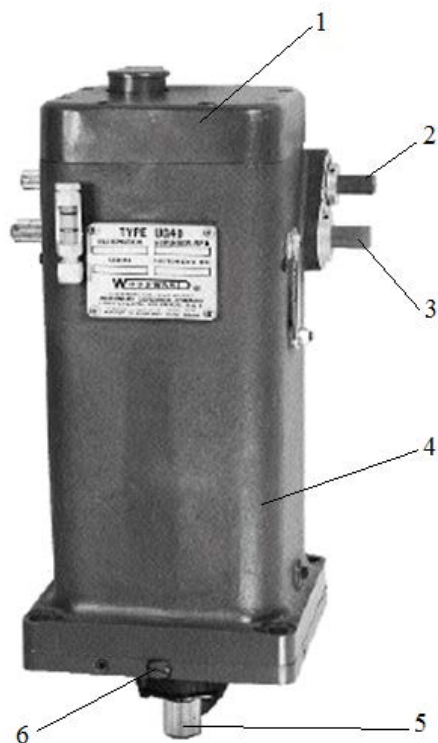


Рис. 6. Внешний вид регулятора серии UG рычажного исполнения:

1 — крышка; 2 — вал задающего устройства; 3 — выходной вал;
4 — корпус; 5 — приводной вал; 6 — заглушка дроссельного
клапана изодрома

Принципиальная схема регулятора приведена на *рис. 7*. Регулятор состоит из измерителя, образованного задающей пружиной 7, двумя Г-образными центробежными грузами 8, упорным подшипником 9, и усилителя, состоящего из управляющего золотника 10 и дифференциального поршневого сервомотора двойного действия.

Элементы измерителя располагаются во вращающейся чашке (на *рис. 7* не показана), предотвращающей вспенивание масла в масляной ванне. Усилитель охвачен «гибкой» (изодромной) обратной связью, состоящей из изодрома, имеющего задающий 15 и приемный 11 поршни, дроссельный клапан 13, рычага обратной связи 16 с подвижной опорой 17. Также имеется «жесткая» обратная связь, воздействующая на задающую пружину.

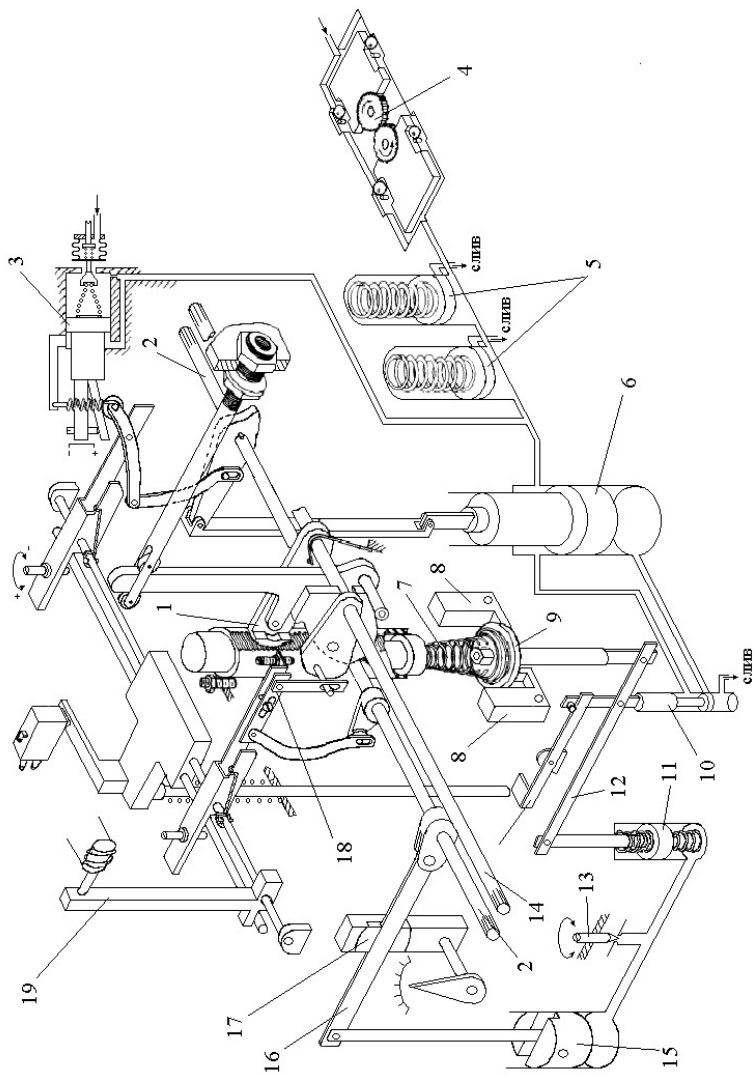


Рис. 7. Принципиальная схема регулятора серии УГ рычажного исполнения с ограничительными устройствами

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru