НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами"

"Допущен к защите по выпускной работе"
"_____" _____ 201_ г.
Зав кафедрой _____ проф. Базаров М.Б.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Расчетно-пояснительная записка

Тема ___ **Разработка проекта системы автоматического управления газотурбинными двигателями с селектор**_____
_____
_____

Выпускник _____Норматов Б._____
(группа, подпись Ф.И.О.)

Руководитель выпускной работы _____
(должность, звание, подпись, Ф.И.О.)

Рецензент
_____
(должность, звание, подпись, Ф.И.О.)

Норма контроля _____
(должность, звание, подпись, Ф.И.О.)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **3**
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ **4**
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА 4
1.1. Силовые установки и принцип их работы 4
1.2. Математические модели силовых установок. 6
1.3. Системы автоматического управления силовыми установками. 9
1.4. Структурная схема и ее описание 16
1.5. Описание работы схемы и составляющих ее устройств. 16
РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ **18**
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. 19
2.1. Канал регулирования частоты. 19
2.2. Расчёт операционного усилителя 19
2.3. Измерители частоты вращения (тахометры). 20
2.4. Проектирование и расчет датчика. 22
2.5. Канал регулирования температуры. 23
2.6. Выбор и принцип работы термопары 23
2.7. Расчет элементов термометра. 24
2.8. Расчет термопары 24
2.9. Расчет и анализ погрешностей 26
2.10. Принцип работы и описание селектора 27
2.11. Исполнительное устройство. 28
2.12. Система управления. 29
2.13. Моделирование системы в Matlab 6.5 30
...ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ **31**
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ **38**
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. **45**
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. **46**

ВВЕДЕНИЕ

Развитие и совершенствование газотурбинных двигателей невозможно без систем автоматического управления. Объясняется это, с одной стороны, сложностью рабочих процессов, протекающих в двигателях, а с другой – необходимостью оптимизации этих процессов для получения приемлемых удельных характеристик (удельные расход топлива и тяга, заданная надежность и другие), определяющих совершенство двигателя.

Системы автоматического управления (САУ) двигателями должны удовлетворять ряду требований, важнейшими из которых являются:

- обеспечение необходимого качества регулирования по основным параметрам рабочего процесса
- выдерживание оптимальных параметров рабочего процесса, при которых получаются приемлемые удельные характеристики
- защита двигателя от недопустимых рабочих режимов
- обеспечение требуемой надежности двигателя и согласование характеристик двигателя с характеристиками летательного аппарата авиа

Эти требования, хотя и противоречивые, должны быть удовлетворены комплексно.

Эффективность СУ зависит прежде всего от ее удельных показателей (удельной тяги, удельной массы и удельного расхода топлива) и от эксплутационных высотно-скоростных и дроссельных характеристик на форсажных и бесфорсажных режимах.

В действительных условиях эксплуатации режим работы СУ часто и в широком диапазоне изменяется. Изменение режима и поддержание его мог бы осуществлять летчик, воздействуя на силовую установку. Для этого ему потребовались бы приборы, сообщающие информацию о задачах и результатах управления в любой момент времени, рычаги для приведения в действие управляющих органов и знание законов управления. Исполнитель непрерывно должен был следить за измерительными приборами, определять величины управляемых параметров, сравнивая, сравнивая эти величины с заданными значениями, принимать решения о направлении перемещения рычагов для ликвидации возникающих рассогласований.

Однако сложность СУ как объекта управления, специфические особенности газодинамических и тепловых процессов, происходящих в управляемом объекте, случайность действующих на него возмущений, которые быстро изменяются во времени в широком диапазоне, занятость экипажа в полете переработкой информации, необходимой для выполнения поставлено задачи, делают невозможным качественное ручное управление СУ. Решать задачу управления СУ в таких условиях возможно только средствами автоматики, которые позволяют свести функции управления лишь рычага управления двигателем (РУД).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

1.1. Силовые установки и принцип их работы

Силовая установка (СУ) состоит из двигателей (один или несколько) с их системами управления, запуска, топливопитания, а также входных и выходных устройств для реверса тяги и движителей в виде воздушных винтов. Двигатель составляет основу СУ, которая предназначена для создания необходимой для полетатяги.

В данной работе будет использоваться газотурбинный двигатель.

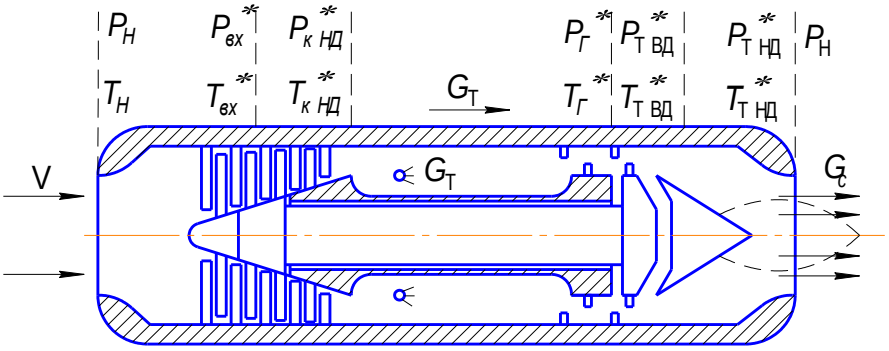


Рис. 1.1. Двухвальный двигатель

В ГТД для сжатия воздуха, поступающего в камеру сгорания, служит компрессор с приводом от газовой турбины.

Основными элементами одновального ГТД являются: входная часть двигателя, компрессор, камера сгорания, газовая турбина, реактивное сопло. Внешний воздух, сжатый в компрессоре, поступает в камеру сгорания, куда через форсунки подается топливо. Газы, образующиеся в результате сгорания топлива, протекают через турбину, приводя ее во вращение, и затем пройдя через реактивное сопло, вытекают с большой скоростью в атмосферу в сторону, противоположную направлению полета, тем самым создавая реактивную тягу.

Для увеличения тяги ГТД часто снабжают дополнительными камерами сгорания, которые располагаются за турбиной и называются форсажными. Сжигание дополнительного количества топлива в форсажной камере приводит к росту температуры газов и скорости их истечения, а следовательно, к росту тяги двигателя ГТДФ.

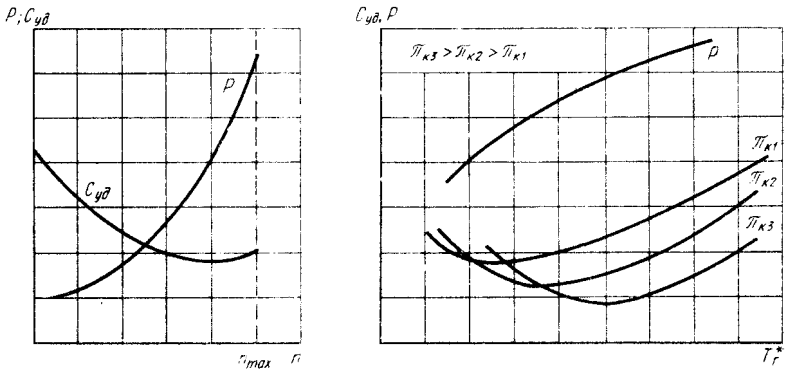
Разновидностью ГТД являются двухвальные двигатели. У них имеются два каскада компрессора, каждый из которых приводится во вращения от своей турбины. В двигателях такой схемы можно получить более широкую область устойчивых режимов работы компрессора, так как каждый из каскадов работает

с меньшей степенью повышения давления воздуха по сравнению с одновальным двигателем.

Турбина приводит во вращение компрессор и винт двигателя. Оставшаяся часть энергии газов используется, как и в ГТД, для создания реактивной тяги. Таким образом, тяга двигателя слагается из тяги, развиваемой винтом (около 90 % от общей тяги двигателя), и реактивной тяги (около 10 %). В этом случае одна турбина используется для вращения компрессора, вторая – для вращения винта.

В двухконтурных ГТД, или, как их еще называют, турбовентиляторных двигателях, имеются два воздушных контура. Первые низконапорные ступени компрессора работают как вентиляторы, создавая дополнительную тягу.

Работа двигательной установки характеризуется величиной удельного расхода топлива $C_{\text{уд}}$ и тяги величиной P. Так как при регулировании ГТД затруднительно непосредственно измерить тягу и удельный расход топлива, то в качестве регулируемых используются другие параметры рабочего процесса, замер которых организовать легче. Эти параметры режима должны выбираться из условия получения заданных значений P и $C_{\text{уд}}$, например максимальных значений P или минимальных значений $C_{\text{уд}}$. Такими параметрами для ГТД являются частота вращения вала турбокомпрессора n и температура газов в камере сгорания $T_{\text{Г}}^{*}$. Зависимость P и $C_{\text{уд}}$ от n и $T_{\text{Г}}^{*}$ показана на рис. 1.2.



(а) (б)

Рис.1.2. Характеристика ГТД

В качестве управляющих воздействий используется расход топлива в камере сгорания $G_{\text{Т}}$ и $F_{\text{С}}$ - площадь сечения сопла. В данной работе будет использоваться как управляющее воздействие расход топлива. Изменяя расход, можно воздействовать как на температуру, так и на частоту вращения. Приведенные параметры ГТД выражаются через $T_{\text{вх}}^{*}$, $p_{\text{вх}}^{*}$ и его физические параметры с помощью следующих соотношений:

$$p_{\text{к.пр}}^{*} = \pi_{\text{к}}^{*} = \frac{p_{\text{к}}^{*}}{p_{\text{вх}}^{*}};\ T_{\text{г.пр}}^{*} = \frac{T_{\text{Г}}^{*}}{T_{\text{вх}}^{*}};$$

$$G_{\text{в.пр}} = \frac{G_{\text{в}}\sqrt{T^*_{\text{вх}}}}{p^*_{\text{вх}}};\ G_{\text{т.пр}} = \frac{G_{\text{т}}}{p^*_{\text{вх}}\sqrt{T^*_{\text{вх}}}}; \qquad (1.1)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{n}{\sqrt{T^*_{\text{вх}}}}.$$

Здесь $p^*_{\text{к}}$, $G_{\text{в}}$ - давление за компрессором и расход воздуха через него; $\pi^*_{\text{к}}$ - степень повышения давления в компрессоре.

1.2. Математические модели силовых установок.

Получим уравнения движения силовых установок с различными типами ГТД как объектов управления при малых отклонениях режима работы от исходного установившегося. Применив преобразования Лапласа и Фурье к линеаризованным дифференциальным уравнениям, можно будет определить динамические характеристики СУ в виде передаточных функций и частотных характеристик.

Для двухвального ГТД уравнения движения роторов турбокомпрессоров высокого и низкого давлений при неизменных внешних условиях запишутся следующим образом:

$$2\pi J_1 \frac{dn_{\text{вд}}}{dt} = F_1(n_{\text{вд}}, n_{\text{нд}}, G_{\text{Т}}) = M_{\text{тВД}}(n_{\text{вд}}, n_{\text{вд}}, G_{\text{т}}) - M_{\text{кВД}}(n_{\text{нд}}, n_{\text{вд}}, G_{\text{т}});$$

$$2\pi J_2 \frac{dn_{\text{нд}}}{dt} = F_2(n_{\text{вд}}, n_{\text{нд}}, G_{\text{т}}, F_{\text{с}}) = M_{\text{тНД}}(n_{\text{вд}}, n_{\text{нд}}, G_{\text{т}}, F_{\text{с}}) - M_{\text{кНД}}(n_{\text{вд}}, n_{\text{нд}}, G_{\text{т}}).$$

После линеаризации и введения относительных величин приходим к следующей системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} &l'_{11} p\bar{n}_{\text{вд}} + l_{11}\bar{n}_{\text{вд}} + l_{12}\bar{n}_{\text{нд}} = G_{\text{т}}; \\ &-l_{21}\bar{n}_{\text{вд}} + l'_{22} p\bar{n}_{\text{нд}} + l_{22}\bar{n}_{\text{нд}} = G_{\text{т}} + g_{22}\bar{\bar{F}}_{\text{с}} \end{aligned} \qquad (1.2)$$

Здесь

$$l'_{11} = 2\pi J_1 \frac{1}{\left(\frac{dF_1}{dG_{\text{т}}}\right)_0} \frac{n_{\text{вдб}}}{G_{\text{т.б}}};$$

$$l'_{22} = 2\pi J_2 \frac{1}{\left(\frac{dF_2}{dG_{\text{т}}}\right)_0} \frac{n_{\text{ндб}}}{G_{\text{т.б}}};$$

$$l_{11} = -\frac{\left(\frac{dF_1}{dn_{\text{вд}}}\right)_0}{\left(\frac{dF_1}{dG_{\text{т}}}\right)_0} \frac{n_{\text{вдб}}}{G_{\text{т.б}}};$$

$$l_{12} = -\frac{\left(\frac{dF_1}{dn_{\text{нд}}}\right)_0}{\left(\frac{dF_1}{dG_{\text{т}}}\right)_0}\frac{n_{\text{ндб}}}{\text{G}_{\text{т.б}}};$$

$$l_{21} = \frac{\left(\frac{dF_2}{dn_{\text{вд}}}\right)_0}{\left(\frac{dF_2}{dG_{\text{т}}}\right)_0}\frac{n_{\text{вдб}}}{G_{\text{т.б}}};$$

$$l_{22} = -\frac{\left(\frac{dF_2}{dn_{\text{нд}}}\right)_0}{\left(\frac{dF_2}{dG_{\text{т}}}\right)_0};$$

$$g_{22} = \frac{\left(\frac{dF_2}{dF_{\text{c}}}\right)_0}{\left(\frac{dF_2}{dG_{\text{т}}}\right)_0}\frac{F_{\text{с.б}}}{G_{\text{т.б}}}.$$

Отметим, что $\left(\frac{dF_1}{dn_{\text{вд}}}\right)_0 < 0; \left(\frac{dF_2}{dn_{\text{нд}}}\right)_0 < 0; \left(\frac{dF_1}{dn_{\text{нд}}}\right)_0 < 0, \left(\frac{dF_2}{dn_{\text{вд}}}\right)_0 > 0, \left(\frac{dF_2}{dF_{\text{C}}}\right)_0 > 0.$

Система (2) может быть записана в векторно-матричной форме

$\overline{L}(p)y(t) = \overline{G}(p)u(t),$

где $y(t) = [\overline{n}_{\text{вд}}\overline{n}_{\text{нд}}]^{\text{T}}$, $u(t) = [\overline{G}_{\text{т}}\overline{F}_{\text{c}}]^{\text{T}}$-векторы входных и выходных координат;

$\overline{L}(p), \overline{G}(p)$ – матрицы полиномов от параметра дифференцирования p:

$$\overline{L}(p) = \begin{bmatrix} l'_{11}p + l_{11} & l_{12} \\ -l_{21} & l'_{22}p + l_{22} \end{bmatrix};$$

$$\overline{G}(p) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & g_{22} \end{bmatrix}.$$

Приравнивания к нулю определитель матрицы $L(p)$, получим характеристическое уравнение объекта управления

$\Delta(p) = l'_{11}l'_{22}p^2 + (l'_{11}l_{22} + l_{11}l'_{22})p + (l_{11}l_{22} + l_{12}l_{21}) = 0.$

В $\Delta(p)$ все коэффициенты характеристического уравнения положительны, что определяет устойчивость двухвального ГТД как объекта управления.

Приведем более полную модель двухвального ГТД для

$y(t) = [n_{\text{вд}}, n_{\text{нд}}, T_{\text{г}}^*, T_{\text{т}}^*, \pi_{\text{квд}}^*, \pi_{\text{кнд}}^*, \pi_{\text{твд}}^*, \pi_{\text{гнд}}^*]^{\text{т}}$ и $u(t) = [G_{\text{т}} F_{\text{с}}]^{\text{т}}$.

Система уравнений “вход-выход”:

$$
\begin{aligned}
& l'_{11} p n_{\text{вд}} - l_{13} T_{\text{г}}^* + l_{15} \pi_{\text{квд}}^* + l_{16} \pi_{\text{кнд}}^* - l_7 \pi_{\text{твд}}^* = 0, \\
& l_{22} p n_{\text{нд}} - l_{23} T_{\text{г}}^* + l_{26} \pi_{\text{кнд}}^* + l_{27} \pi_{\text{твд}}^* - l_{28} \pi_{\text{твд}}^* = 0, \\
& l_{32} n_{\text{нд}} + T_{\text{г}}^* - l_{35} \pi_{\text{квд}}^* - l_{36} \pi_{\text{кнд}}^* = g_{21} G_{\text{т}}, \\
& l_{43} T_{\text{г}}^* + T_{\text{т}}^* + l_{47} \pi_{\text{твд}}^* + l_{48} \pi_{\text{тнд}}^* = 0, \\
& - l_{52} n_{\text{нд}} - l_{53} T_{\text{г}}^* + \pi_{\text{квд}}^* + l_{56} \pi_{\text{кнд}}^* = 0, \\
& l_{61} n_{\text{вд}} - l_{62} n_{\text{нд}} - l_{65} \pi_{\text{квд}}^* + \pi_{\text{кнд}}^* = 0, \\
& - l_{73} T_{\text{г}}^* + \pi_{\text{твд}}^* = 0, \\
& - l_{83} T_{\text{г}}^* + l_{84} T_{\text{т}}^* + l_{87} \pi_{\text{твд}}^* + \pi_{\text{тнд}}^* = g_{82} F_{\text{с}}.
\end{aligned}
\qquad (1.3)
$$

Из (3) получаем передаточную матрицу двухвального ГТД

$$
\overline{W}(s) = \frac{1}{\Delta(s)} \begin{bmatrix}
b'_{11} s + b_{11} & b_{12} \\
b'_{21} s + b_{21} & b'_{22} s + b_{22} \\
b^2_{31} s^2 + b'_{31} + b_{31} & -(b'_{32} s + b_{32}) \\
b^2_{41} s^2 + b'_{41} s + b_{41} & -(b^2_{42} s^2 + b_{42} s + b_{42}) \\
b^2_{51} s^2 + b'_{51} s + b_{51} & b'_{52} s + b_{52} \\
b^2_{61} s^2 + b'_{61} s + b_{61} & b'_{62} s + b_{62} \\
b^2_{71} s^2 + b'_{71} s + b_{71} & -(b^2_{72} s^2 + b'_{72} s + b_{72}) \\
b^2_{81} s^2 + b'_{81} s + b_{81} & b^2_{82} s^2 + b'_{82} s + b_{82}
\end{bmatrix},
$$

$$
\Delta(s) = a_0 s^2 + a_1 s + 1. \qquad (1.4)
$$

Как следует из (4), выходной сигнал по переменным $T_{\text{г}}^*, T_{\text{т}}^*, \pi_{\text{к}}^*, \pi_{\text{т}}^*$ зависит не только от входного сигнала, но также от его первой и второй производных.

Замена s на $j\omega$ в передаточной матрице ГТД позволяет перейти к динамическим характеристикам силовых установок в виде частотных характеристик, которые дают информацию о полосе пропускания объекта управления по всем каналам прохождения регулирующих и возмущающих воздействий.

Частотные характеристики $\frac{n_{\text{вд}}(j\omega)}{G_{\text{т}}(j\omega)}$ двухвального ГТД имеют протекание, близкое к звену первого порядка. Характеристика $\frac{n_{\text{нд}}(j\omega)}{G_{\text{т}}(j\omega)}$ показывает несколько большую инерционность двигателя по каскаду низкого давления относительно каскада высокого давления, что является типичным для двигателей двухвальной схемы.

1.3. Системы автоматического управления силовыми установками.

Силовая установка включает в себя ГТД, реактивное сопло и воздухозаборник, и соответственно в САУ СУ будем различать регуляторы расходов основного и форсажного топлива, направляющих аппаратов компрессора и вентилятора, регулируемого сопла и воздухозаборника. На рис.2.1. приведена схема регулирования двухвального двигателя.

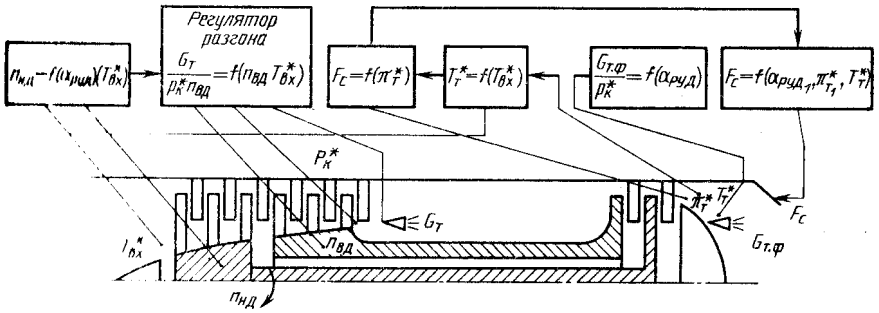


Рис. 2.1. Схема САУ двухвального ГТД.

Входными параметрами СУ является тяга и мощность, подводимая к винту, которые и определяют энерговооруженность и ряд других его характеристик.

Основными для ГТД являются дроссельная и высотно-скоростные характеристики. Первая показывает зависимость тяги и других внутридвигательных параметров от частоты вращения, вторые -зависимость тяги двигателя от высоты и скорости полета и являются существенными при согласовании характеристик самолета и двигателя.

При выборе законов управления режимами ГТД следует учитывать ограничения, связанные с его живучестью. Сюда относятся ограничения по предельно допустимым параметрам: температуре газов, частотам вращения валов турбокомпрессора, максимальному и минимальному значениям ускорений и т. д.

На Рис. 2.2. показана область допустимых режимов работы ГТД. Кроме того, есть ряд параметров, которые определяют степень оптимальности режима работы, близость к границам устойчивости. Таким параметром, например является скольжение роторов S двухвальных ГТД, определяемое как отношение частот вращения роторов высокого и низкого давлений. В процессе разгона и дросселирования двигателя величина скольжения изменяется, что приводит к изменению запасов газодинамической устойчивости.

Законы управления силовой установкой выбирают исходя из назначения летательного аппарата, особенностей его эксплуатации. Обычно требования к статической и динамической точности регулировлания параметров силовой установки определяются по степени их влияния на экономичность, тягу и ресурс.

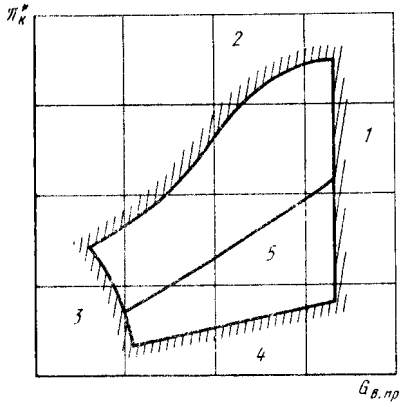


Рис.2.2. Область допустимых режимов работы ГТД:
1- ограничение $G_{\text{в.пр.max}}$; 2 – граница газодинамической устойчивости; 3 – граница устойчивой работы двигателя на режимах минимальной тяги; 4 – граница устойчивого горения в камере сгорания; 5 – линия установившихся режимов двигателя.

Например, поддержание температуры газов с погрешностью $\pm 5K$ приводит к потере 1%. Рассуждая аналогично, для остальных параметров можно сформулировать следующие требования к точности работы САУ СУ:

погрешность частоты вращения турбокомпрессора должна быть не более 0,2%;

погрешность поддержания приведенной частоты вращения – не более 0,5%;

температура газа на максимальном режиме – с погрешностью менее 0,5%;

значение суммарной степени повышения давления воздуха за компрессором – с допуском не более 1%;

переход двигателя с режима “малый газ” на “максимальный режим” – за время не более 5с;

при переходных процессах заданные величины использования располагаемых запасов газодинамической устойчивости должны поддерживаться с допуском не менее 5 %;

заданная величина минимального снижения суммарного коэффициента избытка воздуха в форсажной камере сгорания должна поддерживаться с допуском менее 1,5%;

перерегулирование в переходном процессе, вызванное возможными возмущениями, на максимальном режиме работы двигателя не должно быть больше 1%.

Эти и другие требования формулируются более точно при конкретной разработке САУ.

При управлении двигателем на максимальных режимах в задачу САУ входит обеспечение максимальной тяги при надежной температурной и прочностной защите. Поэтому для контроля состояния двигателя измеряют $n_{\text{вд}}, n_{\text{нд}}, T^*_{\text{тнд}}, T^*_{\text{вх}}, p^*_{\text{вх}}, p^*_{\text{к}}$, частоту и амплитуду вибрации и другие параметры. Чаще всего строятся ограничители $T^*_{\text{тнд}}, n_{\text{вд}}, n_{\text{нд}}, p^*_{\text{к}}$ с воздействием на расход

топлива. На переходных режимах в электронных системах управления используется ограничение приведенного ускорения частоты вращения или комплекта параметров, обеспечивающего требуемое протекание процессов запуска, разгона и дросселирования. На крейсерских режимах используется один из законов управления расходом топлива: $G_т = f(n_{пр}), G_т = f(\pi^*_к), G_т = f(\pi^*_с)$ и т. д.

Параметры двигателя на различных высотах и скоростях полета изменяются в широком диапазоне. Изменяя законы управления по *H* и М полета, можно получить лучшие характеристики по реактивной тяге, чем используя только один из них.

Для управления режимами работы основного контура ГТД широко используется замкнутые САУ частотой вращения с применением всережимных регуляторов с астатизмом 1-го порядка. Такие регуляторы позволяют получить достаточно высокое качество переходных процессов во всем диапазоне условий эксплуатации. Структурная схема САУ частотой вращения приведена на рис. 2.3

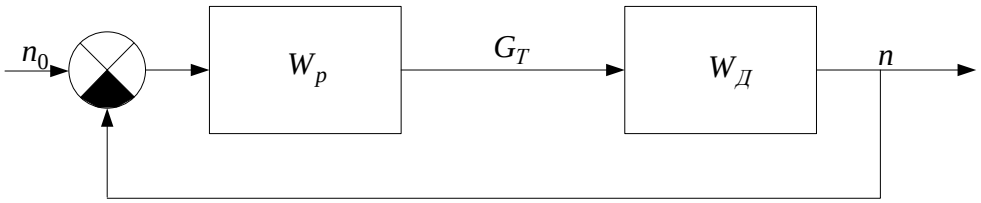


Рис. 2.3. Структурная схема САУ частотой вращения ГТД.

Для двигателей многовальных схем регулировать частоту вращения можно по каскадам высокого и низкого давлений. При этом динамика по контуру регулирования высокого давления остается практически такой же, как и для двигателя одновальной схемы. Объясняется это тем, что динамические свойства двигателей многовальных схем относительно частоты вращения каскада высокого давления описываются передаточной функцией, как для ГТД одновальной схемы.

$$W_{n_{ВД}}(s) = \frac{n_{вд}(s)}{G_т(s)} = \frac{k_{вд}}{T_{вд}s+1}$$
$$W_{р_{ВД}}(s) = \frac{G_т(s)}{n_{вд}(s)} = -\frac{k_р(T_1 s+1)}{s(T_2 s+1)}, \qquad (2.1)$$

где $k_д, k_р$ - коэффициенты усиления двигателя и регулятора; $T_{вд}, T_1, T_2$ – постоянные времени двигателя и регулятора.

Передаточная функция замкнутой системы по управляющему воздействию

$$\Phi(s) = \frac{n(s)}{n_0(s)} = \frac{k_д k_р(T_1 s+1)}{T_2 T_д s^3 + (T_2+T_3)s^2 + (1+k_д k_р T_1)s + k_д k_р}. \qquad (2.2)$$

Передаточная функция двигателя по каналу низкого давления имеет вид

$$W_{n_{\text{НД}}}(s) = \frac{n_{\text{нд}}(s)}{G_{\text{т}}(s)} = k_{\text{нд}} \frac{(\tau s + 1)}{(T_{\text{нд}} s + 1)(T_{\text{вд}} s + 1)}. \qquad (2.3)$$

Если в канале регулирования использовать изодромный регулятор, то характеристическое уравнение замкнутой системы имеет четвертый порядок. В общем случае область устойчивости системы с регулятором $n_{\text{нд}}$ несколько меньше, чем с регулятором $n_{\text{вд}}$.

Известны САР ГТД воздействующие на один регулирующий фактор - расход топлива в камере сгорания ГТД, содержащие измерители входных параметров, элементы сравнения и исполнительный механизм, причем сигнал с регулятора температуры газа непосредственно действует на настройку регулятора частоты вращения ротора ГТД.

Недостатком такой схемы является уменьшение запасов устойчивости, уменьшение допустимых коэффициентов усиления в канале управления, ухудшение статической и динамической точности регуляторов при совместной работе каналов. Для устранения отрицательного влияния взаимодействия регуляторов на характеристики САР с одним регулирующим фактором применяют системы, которые помимо каналов управления и регулирования содержат еще и селектор, позволяющий исключить зону совместной работы регуляторов и тем самым улучшить характеристики системы в целом.

Селекторы обеспечивают во всех условиях работы системы воздействие на регулирующий фактор только одного регулятора, включаемого в работу в зависимости от режима работы двигателя. В этом случае каждый из каналов управления работает автономно, и его параметры могут выбираться без учета взаимодействия с другими регуляторами. Обычно применяется принцип селектирования, согласно которому регулируется параметр двигателя, наиболее приблизившийся к величине, определяемой задающим воздействием регулятора (программой регулирования). Например, при управлении ГТД путем изменения расхода топлива в основную камеру сгорания на максимальных режимах работы двигателя, для того, чтобы все регулируемые параметры не превысили максимально допустимых значений (ограничение сверху), селектор должен пропустить на управление дозирующим устройством сигнал, соответствующий получению минимальной величины $G_{\text{Т}}$. Классифицируя по требуемой величине регулирующего фактора, такое селектирование называют селектированием по минимуму, а селектор - селектором минимальных сигналов управления (*селектор min*). С помощью селектирования по минимуму определяется очередность выполнения программ регулирования n_{max}=const, T_4*=const, программы регулирования при приемистости и ряда других. Если же ограничивают минимальные значения параметров (ограничения снизу), то предпочтение отдается регулятору параметра, для поддержания которого требуется наибольший расход топлива, то есть осуществляется селектирование по максимуму (*селектор max*). Такой

принцип применяется для согласования с регуляторами сброса газа, ограничения снизу расхода топлива.

Применение селекторов, устраняющих зону совместной работы, позволяет сохранить статическую точность и запасы устойчивости регулирования, свойственные автономным регуляторам параметров. Взаимодействие каналов управления при этом сохраняется на переходных режимах, характер которых зависит от программ регулирования, способов селектирования и динамических свойств регуляторов.

Наиболее близкой к требуемым характеристикам является САР ГТД, содержащая в своем составе измерители частоты вращения n, температуры газа за турбиной T_4*, регуляторы этих параметров, селектор минимума, исполнительное устройство, воздействующее на расход топлива G_T ГТД.

Структурная схема САУ представлена на рисунке 2.4, где P_n , P_T - регуляторы частоты вращения и температуры соответственно; Сел. min - селектор минимума; ИУ - исполнительное устройство; ГТД - газотурбинный двигатель; $И_n$, $И_T$ - измерители частоты вращения и температуры газа соответственно.

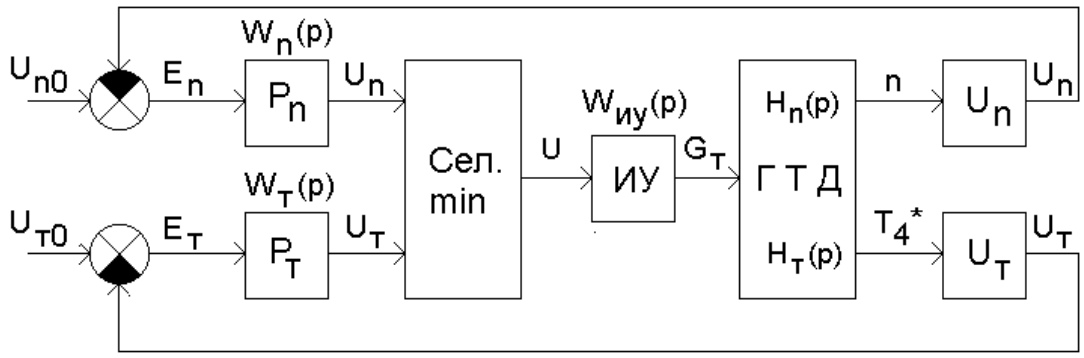


Рис.2.4. САУ ГТД с селектором.

Работа селектора минимума описывается выражением:

$$U = \begin{cases} U_1, \text{при } U_1 < U_2 \\ U_2, \text{при } U_2 \le U_1 \end{cases}. \qquad (2.4)$$

или с учетом разности входных сигналов:

$\varepsilon = U_1 - U_2$

следующим образом:

$$U = \begin{cases} U_1, \text{при}\, \varepsilon < 0 \\ U_2, \text{при}\, \varepsilon \ge 0 \end{cases} = \frac{1}{2}(U_1 + U_2 - |\varepsilon|) = U_2 + \varepsilon 1(-\varepsilon).$$

Передаточные функции разомкнутых каналов:

$W_I(p) = W_n(p) W_{ИУ}(p) H_n(p) W_{Иn}(p)$;

$W_{II}(p)=W_{\text{Т}}(p)W_{\text{ИУ}}(p)H_{T}(p)W_{\text{ИТ}}(p)$.
Причем возможно, что:

$W_{I}(p)=W_{II}(p)=W(p)$.

ГТД имеет различные динамические характеристики по выходным параметрам относительно расхода топлива, а именно:

по частоте вращения ротора передаточная функция ГТД

$$H_n(p)=K_{nG_{\text{Т}}}\frac{A(p)}{D(p)};$$

по температуре газа за турбиной передаточная функция ГТД

$$H_{\text{Т}}(p)=K_{\text{Т}G_{\text{Т}}}\frac{B(p)}{D(p)},$$

где $K_{nG_{\text{Т}}}$ - коэффициент передачи по n; $K_{\text{Т}G_{\text{Т}}}$ - коэффициент передачи по T_4*; $A(p)$, $B(p)$, $D(p)$ - полиномы, зависящие от конструктивных особенностей ГТД.

Порядок полинома $A(p)$ на единицу меньше порядка полинома $D(p)$, а порядок полинома $B(p)$ равен порядку полинома $D(p)$. Следовательно, как видно из передаточных функций $H_n(p)$ и $H_{\text{Т}}(p)$ газотурбинный двигатель является инерционным звеном по частоте вращения и практически безинерционным по температуре газа

Передаточная функция исполнительного устройства:

$$W_{\text{ИУ}}(p)=\frac{K_{\text{ИУ}}(T_{\text{ИУ}}p+1)}{p}\ , \qquad (2.5)$$

где $K_{\text{ИУ}}$ - коэффициент передачи ИУ; $T_{\text{ИУ}}$- постоянная времени ИУ, то есть, исполнительное устройство является изодромным звеном.
При этом:

$$W_{\text{ИУ}}(p)H_n(p)=\frac{K_{\text{ИУ}}(T_{\text{ИУ}}p+1)K_{nG_{\text{Т}}}A(p)}{pD(p)}\cong\frac{K_1}{p};$$

$$W_{\text{ИУ}}(p)H_{\text{Т}}(p)=\frac{K_{\text{ИУ}}(T_{\text{ИУ}}p+1)K_{\text{Т}G_{\text{Т}}}B(p)}{pD(p)}\cong\frac{K_2(T_2p+1)}{p},$$

где K_1 - коэффициент передачи цепи: исполнительное устройство - ГТД по частоте вращения ротора; K_2 - коэффициент передачи цепи: исполнительное устройство - ГТД по температуре газа; T_2 - постоянная времени цепи: исполнительное устройство - ГТД по температуре газа.

Для получения необходимого качества регулирования частоты вращения и температуры газа, регуляторы этих параметров должны иметь следующие передаточные функции:

передаточная функция регулятора частоты вращения ротора ГТД:

$$W_n(p)=K_n, \qquad (2.6)$$

передаточная функция регулятора температуры газа:

$$W_{\text{Т}}(p) = \frac{K_{\text{Т}}}{T_{\text{Т}} p + 1}, \qquad (2.7)$$

где K_n - коэффициент передачи регулятора частоты вращения; $K_{\text{Т}}$ - коэффициент передачи регулятора температуры газа; $T_{\text{Т}} = T_2$ - постоянная времени регулятора температуры газа.

Поведение $U_{\text{Т}}$, а следовательно, и T_4* представлено на рисунке 2.5. Как видно из рисунка данная САР имеет низкую динамическую точность и заброс по температуре газа за турбиной T_4*. Для устранения этого недостатка, который заметно снижает ресурс ГТД, в структурную схему САР ГТД необходимо ввести корректирующие цепи, обеспечивающие более раннее переключение селектора на канал температуры и устранение заброса.

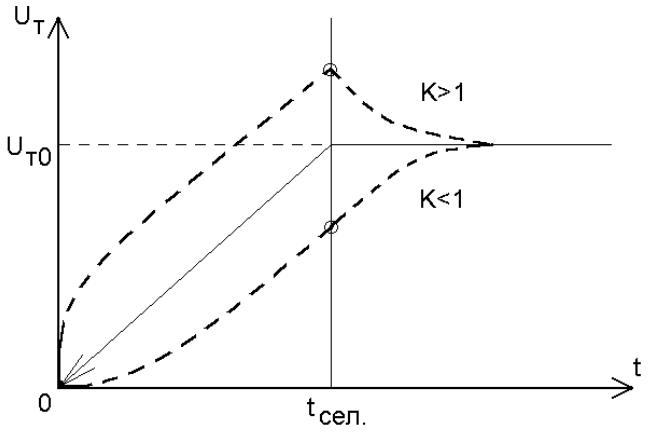


Рис. 2.5. САУ с корректирующим устройством и без него.

Устранение заброса по температуре газа в данной САР осуществляется путем коррекции задающего воздействия, поступающего на вход регулятора температуры, причем эта коррекция осуществляется только при работе САР в режиме регулирования частоты вращения, а в режиме регулирования температуры газа она выключается, не нарушая тем самым работу регулятора.

На основе изученной информации, можно сделать вывод, что существует множество видов систем регулирования ГТД, но принцип их построения и функционирования мало, чем отличаются один от другого. На основе этих принципов и будет проектироваться данная система. Она будет аналого-цифровая. Т.е. система измерения будет цифровой, а система регулирования аналоговой. Это объясняется тем, что аналоговые устройства более надежны, но цифровые более точны. Система измерения может быть преобразована в систему управления путем добавления ЦАП в обратную связь и перепрограммированием микропроцессора.

1.4. Структурная схема и ее описание

Структурная схема будет иметь вид как в приложении 1. Структурная схема состоит из трех блоков:

1. Блок регулирования
   а. регуляторы частот вращения роторов низкого и высокого давлений, температуры.
   б. датчики частоты вращения роторов высокого и низкого давлений, а также температуры газов за турбиной высокого давления.
   в. электронный селектор минимума
   г. электронный селектор максимума.
   д. блок ограничения $G_{\text{т min}}$.
   е. исполнительное устройство.
2. Резервная система индикации
   а. ключ.
   б. частотомер.
   в. индикаторы.
3. Система измерения и индикации
   а. коммутатор.
   б. аналого-цифровой преобразователь.
   в. микропроцессор
   г. преобразователь в интерфейс RS-232.
   д. монитор

1.5. Описание работы схемы и составляющих ее устройств.

Схема представляет собой систему автоматического регулирования и отображения информации, с резервной системой отображения информации для повышения надежности для двух вального двигателя. Расход топлива регулируется по трем каналам, это канал частоты вращения роторов высокого и низкого давлений, а также канал регулирования температуры газов за ротором высокого давления. Датчики снимают сигналы соответствующие им и передают их на регуляторы. Причем формирование установочного значения происходит в зависимости от $\alpha_{\text{руд}}$ и $T^{*}_{\text{вх}}$. Далее с помощью селектора минимума исключается взаимное влияние трех каналов. Селектор максимума предотвращает тушение пламени в камере сгорания. Далее сигнал поступает на исполнительное устройство электромагнитного типа, которое управляет расходом топлива, а следовательно частотой вращения и температурой.

Система измерения представляет собой микропроцессорную систему. Коммутатор коммутирует аналоговые сигналы и передает его на аналого-цифровой преобразователь, далее сигнал обрабатывается микропроцессором и выдается на экран.

Резервная система индикации частоты вращения включает в себя ключ, который позволяет экономить место, частотомер, индикаторная система отображения информации.

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

2.1. Канал регулирования частоты.

Канал регулирования частоты вращения состоит из регулятора частоты вращения, собранного на операционных усилителях DA1, DA2, DA3.Операционный усилитель DA2 является элементом сравнения, а значение задающего воздействия подается на DA1.

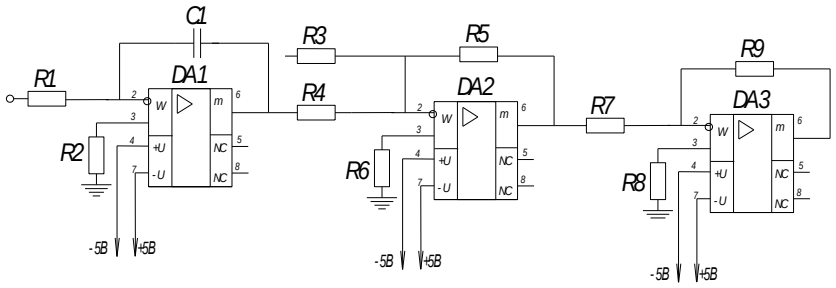


Рис. 3.1 Модуль регулятора частоты вращения

…

2.2. Расчёт операционного усилителя

Схема операционного усилителя показана на рисунке 3.2

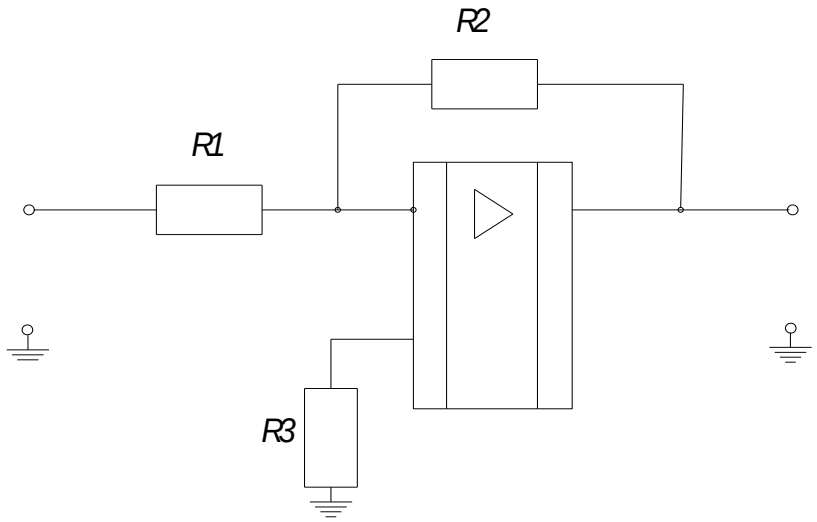


Рис. 3.2

На выходе усилителя необходимо получить амплитуду минимального напряжения равную 2 В.
(т.е. $U_{вых}=U_{вых\ max ОУ}=2$ (В).
Возьмём операционный усилитель 140УД24.
Коэффициент усиления по напряжению будет равен:

$$K_{уи} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = 1000;$$

$$K_{уи} = -\frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_2 = -K_{уи} \cdot R_1$$

Пусть R_1=50 Ом, тогда R_2=50кОм. Знак «-» указывает то, что ОУ охватывает ООС, поэтому его можно не учитывать. Рассчитаем R_3 ,как параллельное соединение R_1 //R_2 . $R_3 \approx 50$ Ом. Выберем номиналы резисторов R_1 , R_2, R_3 из ряда Е192. Данный усилитель подходит нам по частотному диапазону от 400(Гц.) до 4000(Гц.).

…

2.3. Измерители частоты вращения (тахометры).

В качестве датчиков используются индукционные преобразователи. Приборы, предназначенные для измерения частоты вращения, называются *тахометрами.* Тахометры применяются для измерения частоты вращения вала двигателя и его агрегатов. По величине частоты вращения можно судить о тяге и о динамической и тепловой напряженностях.

Типы индукционных преобразователей. Индукционные преобразователи, в качестве естественной входной величины имеют скорость механического перемещения и поэтому непосредственно могут применяться в приборах для измерения скорости линейных или угловых перемещений.

Примерами подобного использования индукционных преобразователей являются датчики приборов для измерения скорости вращения валов (тахометры), представляющие собой небольшие генераторы постоянного тока, а также датчики приборов для измерения вибраций, т. е. приборов для измерения переменных во времени линейных и угловых перемещений и ускорений. Так как выходное напряжение индукционных преобразователей пропорционально скорости вибрации подвижной части, то для получения напряжения, пропорционального пути (амплитуде вибраций) или ускорению, выходное напряжение индукционного преобразователя подвергается интегрированию и дифференцированию с помощью интегрирующих или дифференцирующих цепей или усилителей.

По принципу действия индукционные преобразователи можно разделить на две группы. В преобразователях первой группы магнитное сопротивление на пути постоянного магнитного потока остается неизменным, а индуктированная Э. Д. С. наводится в катушке благодаря линейным и угловым колебаниям катушки в зазоре магнита. При этом в некоторых практических конструкциях катушка остается неподвижным, а перемещается магнит. В преобразователях второй группы как постоянный магнит, так и катушка неподвижны, а индуктированная Э. Д. С. наводится путем изменения магнитного потока вследствие колебаний полного магнитного сопротивления магнитной цепи, создаваемых чаще всего изменением воздушного зазора в этой цепи. Преобразователи второй группы подходят заданным параметрам данного курсового проекта. В преобразователях первой группы магнитный поток не

изменяется, и расчет магнитной цепи и Э.Д.С. преобразователя производится обычными приемами расчета постоянных магнитов.

В преобразователях второй группы необходимо учитывать переменную составляющую магнитного потока, обусловленную изменением во времени магнитного сопротивления потоку, а также влияние поверхностного эффекта на ее распределение.

Если наибольшее изменение магнитного потока равно

$$\Delta\Phi = \left(\frac{F}{R_м}\right) - \left(\frac{F}{R_м + \Delta R_м}\right)$$

Где F-магнитодвижущая сила магниты, а R_m и $(R_m+\Delta R_m)$-крайние значения магнитного сопротивления, т.е. без зуба и с зубом. Тогда действующее значение потока равно

$$\Phi_м = \frac{\Delta\Phi}{2} \qquad \Phi = \frac{\Delta\Phi}{2\cdot\sqrt{2}}$$

А Э.Д.С.

$$E = \omega \cdot w \cdot \Phi \tag{3.1}$$

$$E = \left(\frac{\omega \cdot w \cdot F}{2\cdot\sqrt{2}}\right)\left[\left(\frac{1}{R_м}\right) - \left(\frac{1}{R_м + \Delta R_м}\right)\right]$$

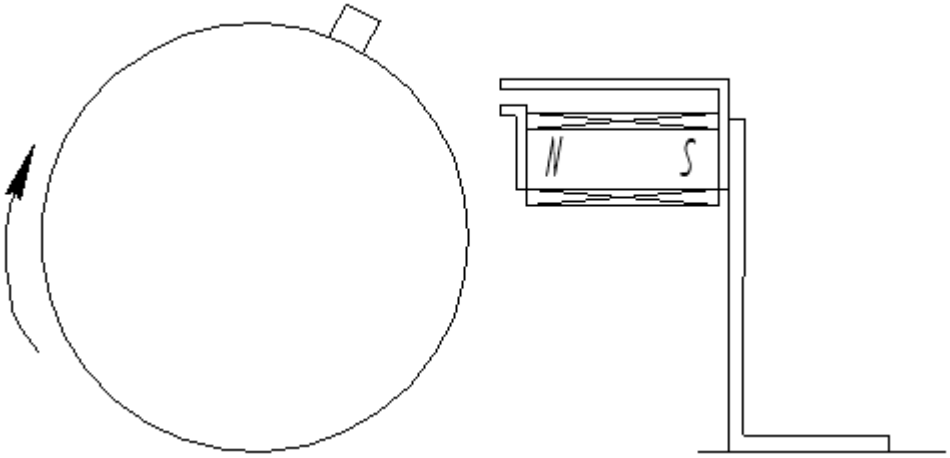


Рис. 3.2

Рисунок, поясняющий принцип работы датчика с индукционным преобразователем.

На валу укреплен стальной зуб, который при вращении вала проходит мимо зазора неподвижно установленной магнитной системы с постоянным магнитом, уменьшая магнитное сопротивление этой системы согласно кривой R_m. При этом в катушке, надетой на магнит, наводятся импульсы Э.Д.С., примерная форма которых показана кривой е.

Независимо от качества выполнения системы, старения магнита, расстоянием между валом и магнитом и любых других факторов частота выходных импульсов в герцах всегда будет в точности равна числу оборотов вала в секунду.

Максимальная частота таких датчиков не превышает нескольких сотен герц, поэтому они работают с аналоговым измерительным устройством типа конденсаторного частотомера. Для получения более высоких частот, при которых становится оправданным использование цифровых частотомеров, целесообразно строить датчик в виде реактивного генератора с зубчатым ротором.

…

2.4. Проектирование и расчет датчика.

Датчик частоты вращения предназначен для выдачи электрических импульсов напряжения, частота следования которых пропорциональна угловой скорости вращения вала двигателя. Датчик работает совместно с индуктором, который является неотъемлемой частью двигателя и в состав датчика не входит.

Принцип действия датчика заключается в индуцировании электрических импульсов напряжения в обмотке датчика за счет изменения сопротивления магнитной цепи при вращении, индуктора под торцом датчика.

Датчик частоты вращения (рис.3.3) состоит из катушки 1, постоянного магнита 2, корпуса 3 и штепсельного разъема 4.

Датчик является генератором электрических импульсов напряжения и работает следующим образом: при вращении индуктора каждый из его зубьев проходит в непосредственной близости от торца датчика, результатом чего является возникновение ЭДС, индуцируемой в катушке датчика.

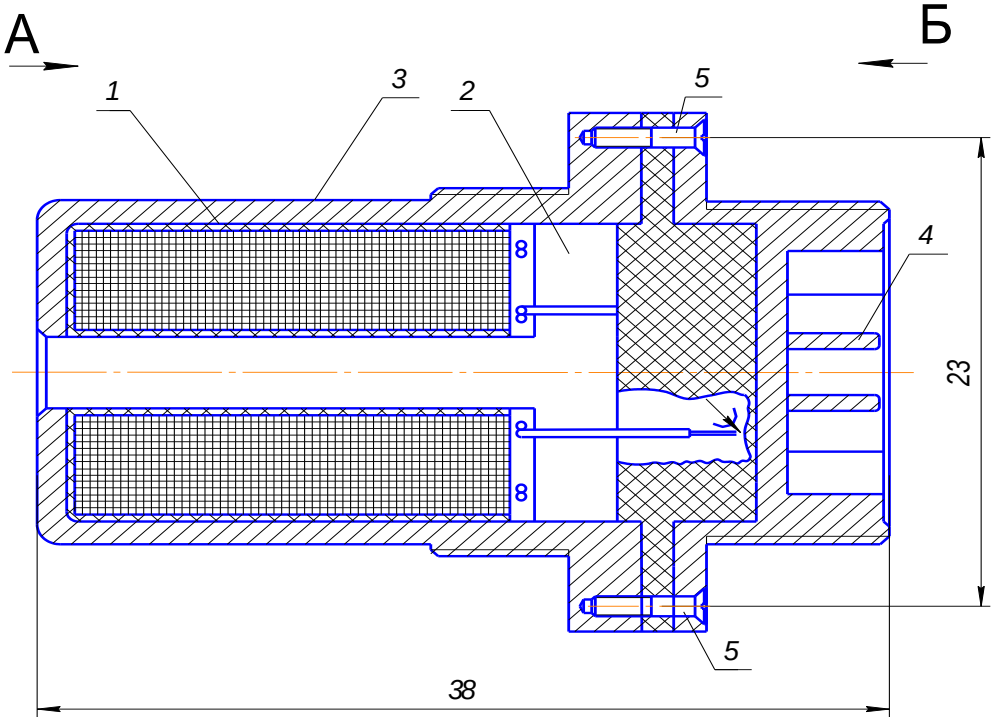


Рис. 3.3 Датчик

…

2.5. Канал регулирования температуры.

Модель регулятора температуры газа за турбиной ГТД выполнена на ОУ DA5, DA6, DA7.

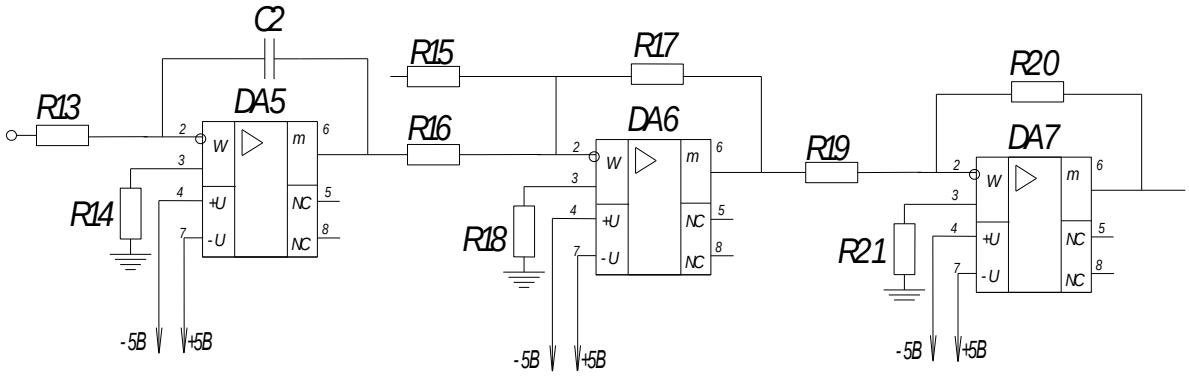


Рис. 3.5 Канал регулирования Т.

В качестве датчиков применяются термоэлектрические термометры. Термоэлектрические термометры применяются для дистанционного измерения температуры в широких пределах, как для общетехнических, так и специальных измерений. В качестве датчиков используются термопары, а в качестве указателей – магнитоэлектрические гальванометры

…

2.6. Выбор и принцип работы термопары

Наиболее важной технической реализацией эффекта Зеебека в металлах является термопара - термочувствительный элемент в устройствах для измерения температуры. Термопара состоит из двух последовательно соединенных пайкой или сваркой разнородных металлических проводников М1 и М2. В сочетании с электроизмерительными приборами термопара образует термоэлектрический термометр, шкала которого градуируется непосредственно в К или °С.

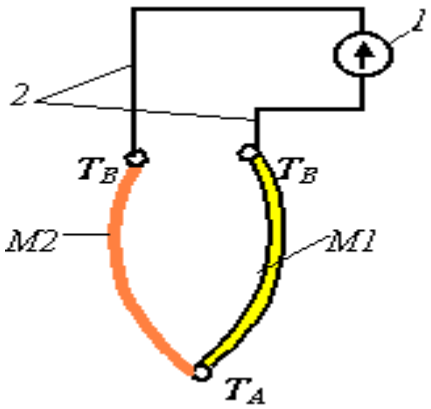


Рис. 3.5. Термопара

На рис. 3.5 показаны схемы включения термопары в измерительную цепь: Погрешности и методы компенсации.

Термоэлектрические термометры имеют следующие погрешности:

- температурные методические погрешности (изменение температуры холодного спая)
- температурные инструментальные погрешности (изменение параметров указателя и электрической цепи при изменении температуры окружающей среды)
- погрешности от паразитных ТЭДС
- погрешности от неполного контакта приемника с окружающей средой.
- погрешности от влияния посторонних магнитных полей.

...

2.7. Расчет элементов термометра.

При расчете элементов прибора выбираются конструктивные параметры и определяются статические и динамические характеристики звеньев.

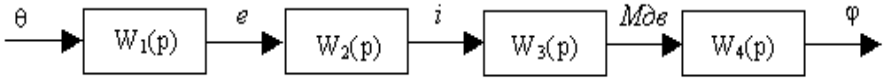


Рис. 3.7. Структурная схема термометра.

Структурная схема прибора показана на рис.15. Здесь $W_1(p)$, $W_2(p)$, $W_3(p)$, $W_4(p)$ – соответственно передаточные функции термопары, электрической цепи, магнитоэлектрического преобразователя и подвижной системы гальванометра.

….

2.8. Расчет термопары

Звено 1 – чувствительный элемент (термопара). Без защитного чехла передаточная функция будет:

$$W_1(p) = \frac{S_1}{\tau_1 p + 1} \qquad (3.2)$$

где S_1 – чувствительность, определяемая по градуированным характеристикам;

τ_1 – постоянная времени термопары;

$$\tau_1 = \frac{C_P \cdot (\rho_1 + \rho_2)}{4k} d,$$

здесь C_P – среднее значение теплоемкости спая электродов [Дж/кг °С]

d – диаметр одного электрода [м];

k – коэффициент теплоотдачи от среды к электродам [Вт/м^2 °С];

ρ_1, ρ_2, - соответственно плотности материалов электродов спая [кг/м^3].

$\tau_1 = 1.3$

Выражение для чувствительности будет

$$S_1 = a + 2b\Theta$$

$$a = \frac{4e_2 - e_1}{\Theta_{MAX}}$$

$$b = \frac{2e_1 - 4e_2}{\Theta^2_{MAX}}$$

где e_1 – Э.Д.С. при θ_{MAX},

e_2 – Э.Д.С. при $0.5\theta_{MAX}$.

e1=25 мВ.

e2=12,5мВ.

a=0.011 b= 0

$S_1 = 0.0122$;

$$W_1(p) = \frac{0.0126}{1.3p + 1}$$

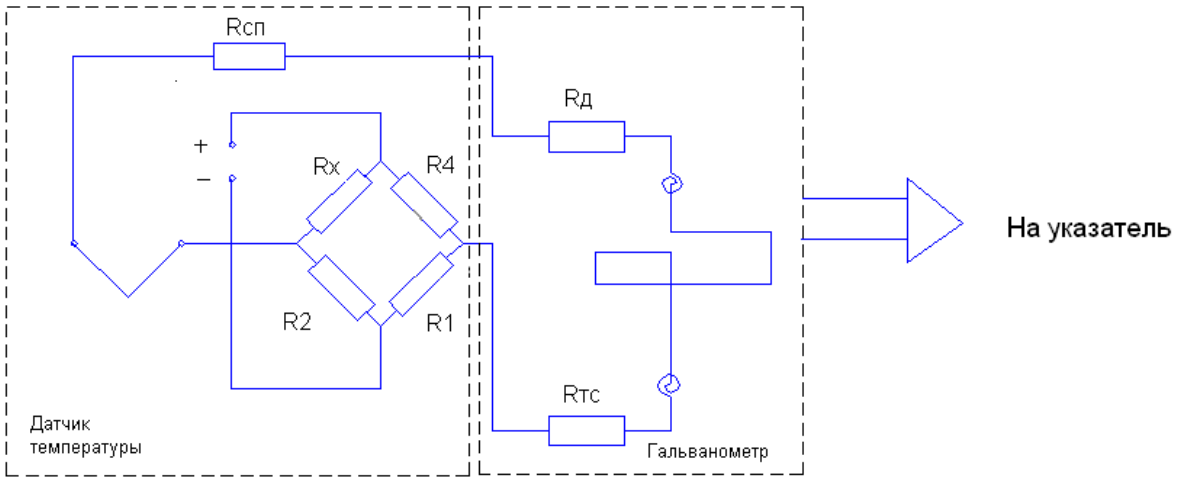


Рис. 3.8. Принципиальная электрическая схема

Звено 2 – электрическая цепь , преобразующая Э.Д.С. в силу тока *i*

Передаточная функция звена имеет вид:

$$W_2(p) = \frac{S_2}{\tau_2 p + 1} \qquad (3.3)$$

где постоянная времени τ_2 равна:

$$\tau_2 = \frac{1}{R_{ТП} + R_Г}$$

Здесь: $R_{тп}$ – сопротивление датчика температуры

$R_{ТП} = R' + R'' + R'_{СП}$;

$R_{ПГ}$ – сопротивление гальванометра

$R_Г = R_p + R_{mc} + R_д$;

L_p – индуктивность рамки гальванометра.

Сопротивление соединительных проводов и электродов термопары:

$$R = \rho' \cdot \frac{l}{S} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - \theta_0)] \qquad (3.4)$$

где ρ’ – удельное сопротивление [Ом*м];

α - температурный коэффициент сопротивления [1/град];

l – длина соединительных проводов или электродов [м];

$S = \frac{\pi d^2}{4}$ - площадь поперечного сечения электродов (принимаем $d=d_{СП}$).

Исходя из колебаний температуры окружающей среды (от –60 до +250 °С) и задаваясь допустимой погрешностью измерения сопротивления прибора

$$\gamma_\varphi = \frac{\gamma_R}{R_{ТП} + R_Г},$$

можно определить сопротивление гальванометра

…

2.9. Расчет и анализ погрешностей

Погрешности термоэлектрических термометров складываются из погрешностей, вносимых датчиком, электрической цепью и гальванометром.

1. К погрешностям вносимых датчиком (термопарой) относятся следующие

Погрешность из-за потерь от теплоизлучения и теплопроводимости. Эта погрешность является методической. Для ее уменьшения следует увеличить длину погружаемой части датчика, уменьшить толщину стенок защитного кожуха, теплоизолировать не погруженную часть датчика и место его крепления. При расчете эту погрешность можно не учитывать.

2. Температурная погрешность φ_θ (вносится электрической цепью), вызванная изменением электрических сопротивлений термопары, соединительных проводов и рамки гальванометра.

Расчет погрешности ведется по формуле

$$\Delta\varphi_\Theta = \frac{Rr_0 \cdot \alpha_r + R_{TC0} \cdot \alpha_{TC}}{R_{r0} + R_\partial + R_{TC0}} \Delta\Theta\varphi_{\max} \qquad (3.10)$$

где $\Delta\varphi_\theta$ - абсолютная температурная погрешность гальванометра: $\Delta\theta=\theta_{ОКР}\theta_0$ $\Delta\theta=900\text{-}20=880\ ^0C$

α_R, α_{TC} – температурные коэффициенты ($\alpha_R=0.004$, $\alpha_{TC}=-0.006$)

$\Delta\varphi_\Theta = 0.0022$

Относительная температурная погрешность φ_θ будет равна

$$\gamma_\Theta = \frac{\Lambda\varphi_\Theta}{\varphi_{\max}}$$

где $\varphi_{\max}$ – максимальный угол отклонения стрелки гальванометра.

$\gamma_\Theta = 0.0000069$

3. Погрешности вносимые гальванометром.

Складываются из производственно-технологических и температурной инструментальной погрешности. Относительная инструментальная погрешность определяется выражением

$$\eta = \frac{\Lambda B}{B} + \frac{\Lambda F}{F} + \frac{\Lambda \omega}{\omega} + \frac{\Lambda L}{L} - \frac{\Lambda b}{b} - \frac{3\Lambda h}{h} - \frac{\Lambda E}{E} - \frac{\Lambda R}{R}$$

Значения параметров B,F,ω,L,b,h,E были определены выше

для практических расчетов отклонения этих величин не должны превышать следующих значений:

ΔB=0.08 Т

$\Delta F=20*10^{-6}$ м^2

Δω=2 витка

$\Delta L=2*10^{-3}$ м

$\Delta b=0.02*10^{-3}$ м

$\Delta h=0.0016*10^{-3}$ м

ΔE=19.6 МПа

ΔR=3 Ом

η=1,35

...

2.10. Принцип работы и описание селектора

В электронной САУ при создании объединенных регуляторов сравнительно просто решается вопрос их взаимодействия при воздействии на один управляющий орган. Электронный селектор практически исключает взаимное влияние регуляторов.

Схема электронного регулятора приведена на рисунке 3.9

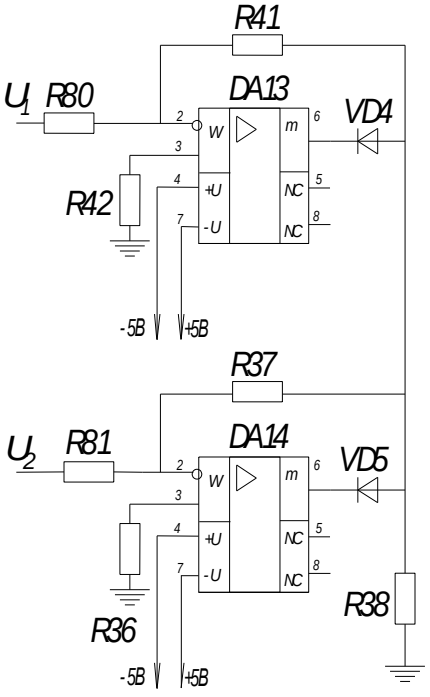


Рис. 3.9. Селектор максимума.

Пока напряжение $U_1 > U_2$ (при $R_{41} = R_{37}$ и $R_{80} = R_{81}$), оно определяет выход схемы. Если напряжение становится больше, чем U_1, то оно проходит на выход. Высокая точность выполнения функции определяется использованием операционных усилителей перед диодами: погрешность диодов, приведенная ко входу, уменьшается в А раз, где А-коэффициент усиления разомкнутого операционного усилителя.

Селектор максимума выбирает из входных сигналов такой, который дозирует максимальный расход топлива. Включение селекторов минимального и максимального сигналов обеспечивает надежную работу двигателя как на установившихся, так и на переходных режимах. На селектор максимума подается сигнал блока, который ограничивает минимальный расход топлива с целью не допустить погасания пламени в камере сгорания.

…

2.11. Исполнительное устройство.

В электронных системах управления силовыми установками наибольшее распространение в качестве преобразователей электрических управляющих сигналов в перемещение исполнительных органов получили электромагнитные исполнительные механизмы рис. 3.10

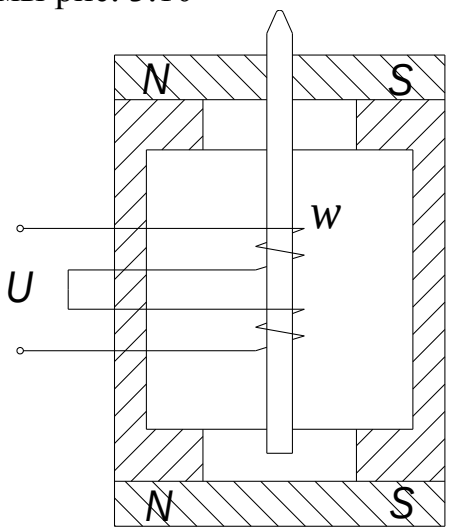


Рис. 3.10. Исполнительный механизм электромагнитного типа.

Исполнительный механизм имеет поляризованную магнитную систему. Выходной шток заканчивается заслонкой, которая вместе с соплом осуществляет преобразование перемещения и изменение расхода жидкости. Регулятор, управляющий исполнительным устройством имеет вид как на рис.3.13

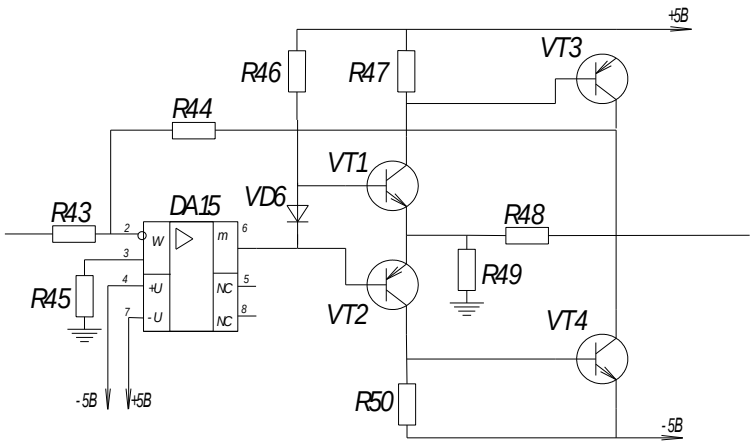


Рис. 3.11. Регулятор исполнительного устройства.

По сути данная схема представляет собой ОУ с умощненным выходом, охваченной общей обратной связью. Умощнение обеспечивается использованием каскада на дискретных транзисторах различного типа проводимости соответствующей мощности. Особенностью этого каскада является наличие в нем местной неединичной отрицательной обратной связи по напряжению (делитель R48, R49). Коэффициент передачи каскада оказывается при этом больше единицы ($K_u = 1 + R48/R49$), благодаря чему, в частности, повышается коэффициент использования напряжения питания и, следовательно, коэффициент полезного действия. Однако его значение невелико.

...

2.12. Система управления.

Данная система цифровая. Снимает сигнал с датчиков, коммутирует его, преобразует в цифровой, обрабатывает его и выдает на индикацию.

Коммутатор

Коммутатор предназначен для подключения одного из датчика давления на вход к источнику питания. Управление коммутатором осуществляется микропроцессорной системой, которая передает на него код с номером коммутируемого канала. Нашим требованиям удовлетворяет микросхема К590КН19.

Аналогово-цифровой преобразователь.

Для реализации аналогово-цифрового преобразования выходного сигнала выберем микросхему К572ПВ1.Микросхема представляет собой 12 – разрядный АЦП последовательного приближения. Совместно с внешними компараторами напряжения (КН) или операционными усилителями (ОУ), с источниками опорного напряжения (ИОН), генераторами тактовых импульсов (ГТИ) ИС выполняет функции АЦП последовательных приближений с выводом параллельного двоичного кода через выходные каскады с тремя состояниями, а

также умножающего ЦАП с параллельным и последовательным вводом информации совместно с внешними усилителями. ИС включают устройства для организации побайтового обмена информации с 8 – разрядной ШД микропроцессоров. В режиме АЦП есть возможность синхронной и циклической работы, производящего уменьшения числа разрядов и выводом данных в последовательном коде.

Усилитель напряжения.

Рассчитаем необходимый коэффициент усиления по напряжению для УН выходного напряжения

Усилитель напряжения построен по дифференциальной схеме на основе микросхемы операционного усилителя КР140УД26 со следующими характеристиками:

Микропроцессорная система. КР1816ВЕ49

Микросхема представляет собой однокристальную 8-разрядную микро-ЭВМ с масочным ПЗУ емкостью 16 кбит (2048х8), содержимое которого задается в процессе изготовления ИС. Корпус типа 2123.40-2, масса не более

Минимальное время выполнения короткой команды .. 1,36мкс

Преобразователь

Асинхронный последовательный интерфейс по стандарту RS-232 обеспечивается с помощью преобразователя типа MAX233 (микросхема DD10) рис 25, подключенного к выводам TDO, DRI порта SCI. Соединение микроконтроллера с внешними устройствами по стандарту RS-232 производится через 9-контактный соединитель X1 (рис 3.16).

Блок питания.

Источник электропитания должен обеспечить питание схемы усиления и коммутатора , +15 В и -15 В, для контроллера и его периферийных устройств +5 В, для индикаторов +9 В.

…

2.13. Моделирование системы в Matlab 6.5

При выполнении выпускной работы рекомендуется использовать пакеты прикладных программных систем (ППС), применение которых во много раз позволяют повысить эффективность расчетов.

…

Передаточные функции, которые использовались при моделировании.

1. Передаточная функция двигателя по каналу частоты высокого давления.

$$W_{n_{\text{ВД}}}(s) = \frac{n_{\text{вд}}(s)}{G_{\text{т}}(s)} = \frac{k_{\text{вд}}}{T_{\text{вд}}s+1} = \frac{0.46}{0.56s+1} \qquad (3.17)$$

где $k_{\text{д}}, k_{\text{р}}$ - коэффициенты усиления двигателя и регулятора;

$T_{\text{вд}}, T_1, T_2$ – постоянные времени двигателя и регулятора.

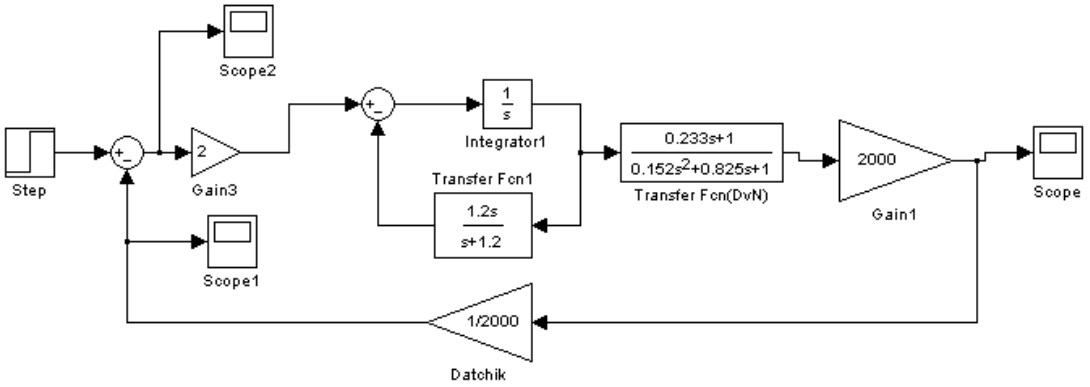


Рис.3.26. Канал частоты

•••

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. **Технико-экономические обоснования**

Для расчета величин показателей, необходимых для оценки экономической эффективности внедрения новой автоматизированной техники, требуется наличие комплекса конкретных исходных данных, характеризующих базовую и новую технику, а также организационно-технические условия ее использования.

Технико-экономические расчеты в этом ВКР направлены на определение:

1) годового объема продукции;
2) суммы капитальных вложений;
3) годовых эксплуатационных расходов;
4) удельных капитальных и эксплуатационных расходов;
5) производительности труда и фондоотдачи;
6) показателей ЧДД (Эинт), ИД, срока окупаемости (Т);
7) годового экономического эффекта, получаемого в результате автоматизация проведения данного мероприятия, с учетом качественных изменений.

Затраты на автоматизацию действующих объектов называются капитальными вложениями (инвестициями). Они обеспечивают как простое, так и расширенное воспроизводство основных фондов. Капитальные вложения вкладываются единовременно, разово, задолго до ввода объекта в эксплуатацию.

При ВКР единовременные капитальные вложения рассчитываются в зависимости от характера темы. Для нашего случае это новое технология для внедрения автоматизации, то определяется сметная стоимость объекта с учетом строительно-монтажных работ, стоимости оборудования и накладных расходов.

Таблица 1.

Наименование и характеристика оборудования и монтажных работ.	Единица измерения	Кол-во
1	2	3
Преобразователь частоты 1,5/2,2 кВт	шт.	1
Задатчик	шт.	1
Блок регулирования	шт.	1
Наблюдающее устройство	шт.	1
Автономный инвертер напряжения	шт.	1
Резервная система индикации	шт.	1

Система измерения и индикации	шт.	1
Датчик скорости	шт.	1
тахометры	шт.	1
Усилитель напряжения.	шт.	1
Термоэлектрический термометр	шт.	1
Операционный усилитель DA1, DA2, DA3	шт.	2
Микропроцессорная система. КР1816ВЕ49	шт.	2
Блок питания.	шт.	2

Общая стоимость оборудования и монтажных работ с учетом транспортно-заготовительных (4%), заготовительно-складских (2%),расходов и расходов на запчасти(1%).

прод. Таблица 1.

Сметная стоимость , тыс.сум.					
Единицы			Общая		
оборудования тыс.сум	монтажных работ тыс.сум	в т.ч. зарплата тыс.сум	оборудования тыс.сум	монтажных работ тыс.сум	в т.ч. зарплат тыс.сум
4	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
400	16	11.199776	400	16	11.199776
86	3.44	2.407951841	86	3.44	2.40795184
230	9.2	6.439871203	460	18.4	12.8797424
106	4.24	2.967940641	106	4.24	2.96794064
120	4.8	3.359932801	120	4.8	3.3599328
96	3.84	2.687946241	96	3.84	2.68794624
85	3.4	2.379952401	85	3.4	2.3799524
96	3.84	2.687946241	192	7.68	5.37589248
40	1.6	1.1199776	160	6.4	4.4799104
75	3	2.099958001	150	6	4.199916
65	2.6	1.819963601	130	5.2	3.6399272
86	3.44	2.407951841	172	6.88	4.81590368
156	6.24	4.367912642	312	12.48	8.73582528
45	1.8	1.259974801	45	1.8	1.2599748
			2469	**98.76**	**69.13062**

Итого**: 2821.473**

2. Расчет амортизационных отчислений.

Амортизация – это планомерный процесс погашения стоимости основных фондов путем перенесения ее на себестоимость готовой продукции.

Расчет осуществляется с помощью норм амортизации. Норма амортизации рассчитывается в процентах и показывает , какая часть от стоимости основных фондов должна погашаться ежегодно.

$$На=(Пс+Д-Ло)/(Тсл*Пс)*100\%$$

где **На** – норма амортизации;
Пс – первоначальная стоимость основных фондов;
Д – затраты на демонтаж;
Ло – ликвидационный остаток (стоимость лома годных зап.частей);
Тсл – срок службы в годах.

Зная нормы амортизации в %, можно рассчитать годовую сумму амортизации в тыс.сум.

$$Аг=Пс*На/100$$

где **Аг** – годовая сумма амортизации в тыс.сум.

Таблица 2

.

Наименование приборов и оборудования	**Сметная стоимость, тыс.сум**	**Расчет амортизации**	
		Норма амортизации в %	Годовая сумма, тыс.сум
Приборы и оборудование КИП и А	2821.473	15	423.221

3.Расчет численности рабочих.

Таблица 3.

Наименование штатных единиц	Количество смен в сутки	Тарифный разряд	Явочная численность человек		Коэффициент списочного состава	Списочная численность	Положено отработать списочному составу		
			на смену	на сутки			смен	часов	в т.ч. ночн. и праздн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
слесарь КИПиА	1	5	1	1	1,14	1,14	264,48	2115,8	-
слесарь КИПиА	1	4	1	1	1,14	1,14	264,48	2115,8	-

4.Расчет годового фонда заработной платы специалистов.

Таблица 4

Наименование штатных единиц	Месячный оклад по штатному расписанию тыс.сум	Годовой фонд зарплаты	Коэффициент занятости на данном участке	Сумма заработной платы с учетом коэф. в месяц тыс.сум
Мастер участка	550	6600	0.4	770
Начальник КИПиА	650	7800	0.1	715

5.Расчет заработной платы.

Наименование штатных единиц	Тариф тыс.сум. в час	Зарплата по тарифу тыс.сум.	Премия из фонда зарплаты		Доплата тыс.сум.	
			%	сумма тыс.сум.	ночн.	праздн.

1	2	3	4	5	6	7
слесарь КИПиА	1.654	3493,851	20	698.77	-	-
слесарь КИПиА	1.495	3157,44	20	602.91	-	-

Прод Таблица 5.

районная надбавка 20% тыс.сум.	итого основная зарплата тыс.сум	дополнительная зарплата тыс.сум	итого годовой фонд зарплаты тыс.сум	средняя зарплата одного рабочего в месяц тыс.сум
8	9	10	11	12
697,023	4889,643	613,17	5502,813	458,56
629,908	4390,258	554,13	4944,38	412,05

6.Смета эксплуатационных затрат.

Таблица 6.

№	Статьи затрат	Сумма млн.сум.	Метод расчета
	1	2	3
1	Основная и дополнительная зарплата обслуживающего персонала	24.847193	Таблицы 4;5
2	Отчисления в пользу соц.страхования	6.2117983	25% от зарплаты
3	Амортизация	0.4232209	Таблица 2
4	Запасные части	0.1692884	40% от суммы амортизации
5	Износ и ремонт МПБ	0.0564295	2% от сметной стоимости приборов
6	Расходы на текущий ремонт	0.0846442	3% от сметной стоимости приборов
8	Итого затрат	31.792574	

Из рассчитанных расходов дополнительно будут затраты по 3,4,5 статьям .
Сумма этих расходов вычитается из полученной экономии

7. Технико-экономические показатели результатов автоматизации.

Таблица 7.

№	Показатели	Ед.изм.	Сумма
1	Годовая производительность	т/год	108624
2	Общий годовой экономический эффект	млн.сум.	1.229904
3	Сумма эксплуатационных затрат	млн.сум.	31.793
4	Чистый годовой экономический эффект	млн.сум.	0.8066831
5	Капитальные вложения на автоматизацию	млн.сум.	2.821
6	Коэффициент экономической эффективности		0.286
7	Срок окупаемости	лет	3.498

Разработка проекта системы автоматического управления газотурбинными двигателями с селектором позволяет снизить расход электроэнергии на 2,5 кВт/ч, т.е. на 17520 кВт/ч электроэнергии в год, (себестоимость 1 кВт/ч ,С= 70,2 сум) что позволяет получить годовую экономию 1,229904 млн.сум.

Из полученной экономии вычитаем дополнительные эксплуатационные затраты, составляющие 0.4232209 млн.сум., тогда чистая экономия составит 0.8066831 млн.сум. в год.

Срок окупаемость определяется по формуле $T_{ок} = \frac{K}{Э}$

Где Э- чистый годовой экономический эффект, *К*- капитальные вложения на автоматизацию

$$T_{ок} = \frac{2,821}{0.8066831} = 3,498 \text{г}$$

Коэффициент экономической эффективность $Э_{эф} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{3,498} = 0,286 > Э_{норм}=0,12$

Срок окупаемости 3,5 года. Коэффициент экономической эффективности равен 0,286, что значительно выше нормативного 0,12, следовательно разработка проекта системы автоматического управления газотурбинными двигателями с селектором экономически и технически выгодна.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Техники безопасности при эксплуатации электроустановок

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь создаваемые и реконструируемые электроприводы и предназначены для обеспечения безопасной и безаварийной работы с ними.

В этой связи в ПУЭ сформулированы основные требования, предъявляемые к персоналу, эксплуатирующему электрооборудование, помещениям и самому электрооборудованию.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются ПУЭ на электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки напряжением выше 1 кВ.

Обслуживать электрооборудование должен квалифицированный персонал, прошедший проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющий квалификационную группу по технике безопасности, предусмотренную Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

По степени опасности поражения людей электрическим током различаются:

помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного или нескольких следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость или токопроводящая пыль; токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.); высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам. механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, — с другой.

Применяемые в электроприводах электрооборудование и материалы должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

Конструкция, исполнение, способ установки и класс изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, условиям окружающей среды и требованиям ПУЭ.

Электроприводы и связанные с ними конструкции должны быть стойкими к воздействию окружающей среды или защищены от этого воздействия, должны удовлетворять требованиям действующих директивных

документов о запрещении загрязнения окружающей среды, вредного или мешающего влияния шума, вибрации и электрических полей,

В электроприводах должна быть обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным их элементам.

Буквенно-цифровое и цветовое обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми. Шины должны быть обозначены:

при переменном трехфазном токе шины фазы А — желтым цветом, фазы В — зеленым, фазы С — красным, нулевая рабочая шина N — голубым, эта же шина, используемая в качестве нулевой защитной, — продольными полосами желтого и зеленого цветов;

при переменном однофазном токе шина А, присоединенная к началу обмотки источника питания, — желтым цветом, шина В, присоединенная к концу обмотки, — красным. Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока;

при постоянном токе положительная шина (+) — красным цветом, отрицательная (-) — синим;

резервная шина — как резервируемая основная шина; если же резервная шина может заменять любую из основных шин, то она обозначается поперечными полосами цвета основных шин.

При расположении шин в распределительных устройствах необходимо соблюдать ряд условий.

Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться следующими способами:

применение надлежащей изоляции, а в отдельных случаях — повышенной;

применение двойной изоляции;

соблюдение соответствующих расстояний до токоведуших частей или закрытие, ограждение токоведущих частей;

Выбор электродвигателей. Электрические и механические параметры электродвигателей (номинальные мощность, напряжение, частота вращения, относительная продолжительность рабочего периода, пусковой, минимальный, максимальный моменты, пределы регулирования частоты вращения и т.п.) должны соответствовать параметрам приводимых ими механизмов во всех режимах их работы в данной установке.

Для механизмов, поддержание работы которых после кратковременных перерывов подачи питания или понижения напряжения, обусловленных отключением в результате КЗ, действием АПВ или АВР, необходимо по технологическим условиям и допустимо по условиям техники безопасности, должен быть обеспечен самозапуск их электродвигателей.

Для приводов механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, независимо от их мощности рекомендуется применять синхронные электродвигатели или асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Синхронные электродвигатели, как правило, должны иметь устройства форсирования возбуждения или компаундирования.

Электрические машины выпускаются в защитных оболочках, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала, а также самой машины от попадания в нее посторонних предметов. Для обозначения степени зашиты применяются латинские буквы IP и следующие за ними две цифры. Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, а также степень зашиты машины от попадания внутрь нее твердых посторонних тел. Расшифровка первых цифр приведена в табл. 1.1. Вторая цифра обозначает степень зашиты от попадания воды (табл. 1.2).

исполнение не менее IP43 и изоляцию,

рассчитанную на действие влаги и пыли (со специальной обмазкой,

влагостойкую и т.п.).

Для электродвигателей, устанавливаемых в помещениях с температурой воздуха более плюс 40 *С, должны выполняться мероприятия, исключающие возможность их недопустимого нагревания. При замкнутой принудительной системе вентиляции электродвигателей следует предусматривать приборы контроля температуры воздуха и охлаждающей воды.

Установка электродвигателей. Электродвигатели должны быть выбраны н установлены так, чтобы исключалась возможность попадания на их обмотки и токосъемные устройства воды, масла, эмульсии и т.п., а вибрация оборудования, фундаментов и частей здания не превышала допустимых значений.

Шум, создаваемый электродвигателем совместно с приводимым им механизмом, не должен превышать уровня, допускаемого санитарными нормами. Проходы между фундаментами или корпусами электродвигателей, электродвигателями и частями здания или оборудования должны быть не менее указанных в ПУЭ.

Электродвигатели напряжением выше I кВ разрешается устанавливать непосредственно в производственных помещениях, соблюдая определенные условия [37].

Для ответственных электродвигателей, в которых необходим самозапуск, если они включаются при помощи контакторов и пускателей с удерживающей обмоткой, в цепи управления должны применяться механические или электрические устройства выдержки времени, обеспечивающие включение электродвигателя при восстановлении напряжения в течение заданного времени.

Для синхронных электродвигателей защита от асинхронного режима должна, как правило, осуществляться с помощью защиты от перегрузки по току статора.

Защита от КЗ в электродвигателях переменного и постоянного тока должна предусматриваться:

Шум и вибрации

Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной силы и частоты.

В таблице 22 представлены предельно-допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для диспетчерского пункта [21].

Таблица 1 - Допустимые уровни шума

Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)	Уровни звукового давления, дБ в среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
65	96	83	74	68	63	60	57	55	54

Снижение уровня шума до значений ниже допустимых нормами достигается различными методами.

Шум, создаваемый электромагнитными аппаратами, можно снизить плотным сжатием пакетов стальных сердечников, закреплением деталей в магнитной цепи с воздушными зазорами (например, у реле, контакторов и др.). У коллекторов электрических машин шум, создаваемый щетками, снижается чистотой обработки коллектора.

Шум от прямых передач в соединении валов машин и механизмов снижается при использовании эластичных прокладок между частями соединительных муфт.

Аэродинамический шум, создаваемый выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания, снижается с помощью специальных глушителей, в которых осуществляется дробление газового потока.

Для защиты рабочего от прямого воздействия звуковой энергии на пути распространения звуковых волн устанавливают отражающие экраны, которые весьма эффективны при защите от высокочастотных составляющих спектра шума. Звукопоглощающие облицовки из волокнистых материалов позволяют снизить уровень шума в помещениях на 8 – 12 дБ, причем большее снижение происходит на высоких частотах.

Вибрация на рабочих местах не должна превышать предельно допустимых величин регламентированных по ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрация. Общие требования безопасности», значения приведены в таблице 23.

Таблица 2 - Допустимые уровни вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратичное значение виброскорости, м/с 10^{-2}					
	Логарифмические уровни виброскорости, дБ в среднегеометрических частотах октавных полос, Гц					
Технологическая	2	4	8	16	31,5	63

на постоянных рабочих местах	3,5 117	1,3 108	0,63 102	0,56 101	0,56 101	0,56 101

Защита от вибрации осуществляется прежде всего совершенствованием кинематики механизмов. Для ограничения распространения вибрации по материалу жестких конструкций рекомендуется применять изолирующие упругие прокладки (резина, войлок) или пружины, на которые опирается вибрирующий механизм или его узел.

В качестве индивидуальной защиты от вибраций, передаваемых человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на войлочной или толстой резиновой подошве. Для защиты рук рекомендуются виброгасящие перчатки.

Пожаровзрывобезопасность

Для предотвращения образования взрывоопасных концентраций продуктов в помещениях и других закрытых местах на нефтегазодобывающих предприятиях осуществляют герметизацию оборудования и всех путей передвижения нефти и газа, устраивают эффективную вентиляцию в помещениях.

Для предотвращения образования взрывоопасных концентраций продуктов в помещениях и других закрытых местах на предприятиях данной специфики осуществляют герметизацию оборудования и всех путей передвижения нефти, устраивают эффективную вентиляцию в помещениях, а также проводят мероприятия по предотвращению появления огня во взрывоопасных местах. Пределы взрываемости и предельно-допустимые концентрация некоторых углеводородов представлены в таблице 24 .

Насосная станция по пожароопасности относится к категории “А”. По группе взрывоопасности производственные помещения относятся к категории “В-1а”, а наружные открытые площадки с расположенным на них технологическим оборудованием относятся к категории “В-1г”, категория и группа взрыво-пожароопасной смеси IIА-Т3, по санитарной характеристике сооружения относятся к 1б, 3б.

Таблица 3 - Пределы взрываемости и предельно-допустимые концентрации углеводородов

Наименование газа	Химическая формула	Нижний предел взрываемости, % объем	Верхний предел взрываемости, % объем	Предельно-допусти-мая концентрация в воздухе, мг/м^3
Метан	CH_4	4.9	16	300
Этан	C_2H_6	2.5	15	300
Пропан	C_3H_8	2.1	9.5	300
Бутан	C_4H_{10}	2.5	8.5	300
Пентан	C_5H_{12}	1.4	7.4	300
Пары бензина	-	1.1	5.4	300
Попутный газ	-	5	16	300

Характеристика объектов по категориям и классам взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности определена согласно РД-00-148317-001-94; ПУЭ; НПБ 105-03, ОНТП 24-86; ФЗ № 123 «Технологический регламент по пожарной безопасности».

Средства индивидуальной защиты от вредных веществ и тепловых излучений

В условиях производства возможны отклонения параметров воздушной среды от нормативных значений (например, при возникновении аварии или других ситуациях). В таких случаях необходимо применять средства индивидуальной защиты.

Для защиты от тепловых излучений применяется воздухо- и влагопроницаемая одежда, обладающая теплозащитными свойствами.

Защита органов дыхания человека от пыли и других вредных веществ осуществляется фильтрующими и изолирующими средствами.

Фильтрующие устройства делятся на три группы: противопылевые (противоаэрозольные) маски и респираторы; противогазовые респираторы и противогазы; универсальные респираторы и противогазы, защищающие от одновременного присутствия в воздухе аэрозолей, вредных паров и газов.

К изолирующим устройствам, защищающим человека, относятся шланговые и кислородные дыхательные аппараты.

Шланговые средства индивидуальной защиты обеспечивают защиту человека, находящегося в агрессивной среде, путем подачи чистого атмосферного воздуха, а также созданием избыточного давления в защитном костюме, предотвращающим проникновение вредных веществ.

Кислородные аппараты обычно применяются в условиях проведения аварийных или спасательных работ.

Респираторы изготавливаются в виде фильтрующих масок (ШБ-1 "Лепесток", У-2К и др.) или в виде патронных респираторов ("Астра-2", Ф-62Ш и др.).

Фильтрующие противогазы обеспечены различными фильтрующими коробками в зависимости от вида вредных веществ.

Для защиты от вредных веществ применяется кислотозащитная, пылезащитная и ядохимзащитная спецодежда.

Для защиты глаз от воздействия вредных веществ применяются специальные герметичные очки различной конструкции. При электросварочных и газосварочных работах для защиты глаз от ультрафиолетовых и инфракрасных лучей применяются светофильтры, закрепленные в щитках или масках, которыми пользуются сварщики во время работы.

Защита тела человека от мелких осколков, капель ядовитых жидкостей осуществляется применением спецодежды, спецобуви, головных уборов и

рукавиц, изготовленных из брезентовых, шерстяных, резиновых и полихлорвиниловых тканей.

Средства индивидуальной защиты имеют очень большое значение для предотвращения отравлений и травматизма на предприятиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В данном работе разработана система автоматического управления ГТД с селектором. Система включает в себя блок управления на основе микропроцессора, блок регулирования, блок индикации, рассчитаны первичные преобразователи частоты вращения, температуры. ВКР содержит структурную схему, электрические принципиальные системы управления и системы регулирования, систему отображения информации. Подобраны элементы системы, такие как исполнительное устройство электромагнитного типа, регуляторы частоты вращения ротора высокого и низкого давления, а также регулятор температуры. Рассмотрен принцип работы селекторов максимума и минимума, разработано их устройство. Система регулирования двухвального двигателя с селектором смоделирована в Matlab 6.5, выяснилось, что система устойчива и отвечает заданным техническим требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Синяков А. Н., Шаймарданов, Системы автоматического управления ГТД и их силовыми установками. М.: Машиностроение, 1991 г.
2. Филипс Ч., Харбор Р., Системы управления с обратной связью. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001 г.
3. Гультяев А., Визуальное моделирование в среде MATLAB. М.: Питер, 2000 г.
4. Иванов А. И., Электронная техника регулирования, учебное пособие.- Уфа,1980.
5. Бойко В. И., Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры. Санкт-Петербург, 2004.
6. Боднер В. А., Рязанов Ю. А., Шаймарданов Ф. А., Системы автоматического управления двигатели. М.: Машиностроение, 1973
7. Миловзоров О. В., Панков И. Г., Электроника. М.: Высшая школа, 2005.