

В связи со значительным и непрерывным удорожанием топлива и ужесточением требований по защите окружающей среды от загрязнения, как никогда актуальным стал вопрос об эффективном и качественном сжигании топлива в котельных агрегатах.

Снижение выбросов вредных веществ при сжигании топлива особенно актуально там, где расходование больших количеств топлива происходит с плохим качеством и относительно низким КПД.

Существуют два подхода к снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха топливосжигающим оборудованием. Первый сводится к конструктивному усовершенствованию технологических узлов, второй – к режимным и технологическим мероприятиям.

Почти все мероприятия по конструктивному усовершенствованию узлов котлоагрегата имеют относительную эффективность лишь на стадии проектирования. В режиме эксплуатации любые изменения в конструкции оборудования сопровождаются высокими капитальными затратами, поэтому данный метод практически не применим.

Наиболее малозатратным и эффективным способом снижения образования вредных веществ с одновременной экономией топлива являются технологические мероприятия, обеспечивающие сжигание топлива с предельно низким коэффициентом избытка воздуха.

В настоящее время в химической энергетике в качестве основного или резервного топлива применяется мазут. Как правило, мазут сжигают в виде водомазутной эмульсии, в которой вода как дисперсная фаза в виде частиц диаметром несколько микрон находится внутри топливной оболочки. Повышенная эффективность процесса горения эмульсии (даже при предельно низких избытках воздуха) обусловлена микровзрывом ее капель вследствие различия температур кипения воды и мазута.

Надежное воспламенение и устойчивое горение эмульсии обеспечивается при влажности 20 ± 2 % и соответствующем размере частиц. Для приготовления кондиционных водомазутных эмульсий требуемой влажности, дисперсности, вязкости применяются эмульгаторы. Очевидно, что для получения эффективной эмульсии необходимо контролировать ее влажность.

В настоящее время, согласно [1], влажность мазута определяется путем химической перегонки мазута в бензине. Этот метод имеет ряд существенных недостатков: применение специального аппарата для перегонки, использования горючего растворителя (бензина), длительность процедуры (до 2 часов), что очень затрудняет его применение в технологическом процессе.

Исходя из вышесказанного, одной из важнейших практических задач является определение влажности мазута в реальном масштабе времени. Решить эту задачу можно, используя косвенные методы, т.к. это не потребует сложных установок, наличия специальных навыков у оператора и большого количества времени.

Существуют современные приборы для оперативного определения влажности мазута, основанные на косвенных методах. Таким прибором является проточный влагомер содержания воды. Этот измерительный комплекс очень дорогой. Его цена для малых и средних котельных неприемлема.

Работа предлагаемого измерителя влажности мазута основана на том, что диэлектрическая проницаемость мазута однозначно определяется двумя факторами: влажностью исследуемого мазута и его температурой. Влияние других факторов незначительно. Диэлектрическую проницаемость мазута можно определить, опустив туда два плоских параллельно расположенных электрода и измерив электрическую ёмкость образовавшегося конденсатора. Далее, зная площадь плоскопараллельных пластин и расстояние между ними, можно вычислить диэлектрическую проницаемость исследуемого мазута. Конденсатор, образованный плоскопараллельными электродами и исследуемым мазутом между ними далее по тексту будем называть *мазутным промежутком*.

Прибор одновременно измеряет ёмкость мазутного промежутка и его температуру. Однокристалльный микроконтроллер, входящий в состав прибора, на основании результатов этих измерений по эмпирическим формулам вычисляет влажность исследуемого мазута.

Структурно предлагаемый измеритель влажности мазута может быть представлен следующим образом (рис. 1.).

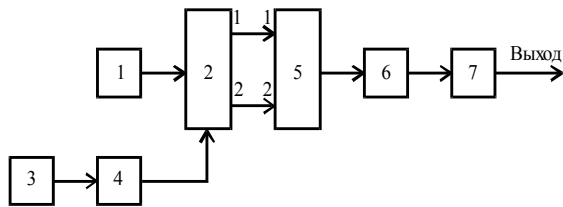


Рис. 1. Структурная схема портативного измерителя влажности мазута

С выхода канала измерения ёмкости мазутного промежутка измерительный сигнал – постоянное напряжение, соответствующее этой ёмкости – поступает на информационный вход 1 коммутатора 5. Аналогичный измерительный сигнал с выхода канала измерения температуры поступает на информационный вход 2 коммутатора 5. Измерительные сигналы каналов 1 и 2 привязаны к одному и тому же диапазону напряжений.

Блок управления, обработки и выдачи информации 4, выход которого соединён с управляющим входом коммутатора 3, поочередно коммутирует измерительные сигналы каналов измерения ёмкости 1 и температуры 2 мазутного промежутка на свой информационный вход. В блоке управления, обработки и выдачи информации 4 осуществляется преобразование постоянного напряжения в цифровую форму, вычисление влажности и индикация.

Структурная схема канала измерения ёмкости мазутного промежутка представлена на рис. 2.



- 1 - мазутный промежуток;
- 2 - преобразователь ёмкости в разность напряжений;
- 3 - генератор гармонического сигнала напряжения;
- 4 - преобразователь напряжения в ток;
- 5 - дифференциальный усилитель;
- 6 - масштабирующее звено;
- 7 - амплитудный выпрямитель.

Рис. 2. Структурная схема канала измерения ёмкости

Как было сказано выше, мазутный промежуток 1 представляет собой конденсатор, образованный двумя плоскопараллельными электродами и исследуемым мазутом, заполняющим пространство между ними (рис. 3.).

Верхняя по схеме обкладка конденсатора, эквивалентного мазутному промежутку (один из плоскопараллельных электродов), соединена со входом преобразователя 2 (рис. 2) ёмкости в разность напряжений. Разность напряжений на выходах преобразователя 2 однозначно определяется ёмкостью мазутного промежутка 1.

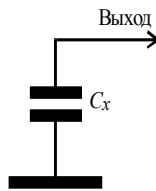


Рис. 3. Эквивалентная электрическая схема мазутного промежутка

Генератор 3 формирует гармонический сигнал напряжения частотой 8 кГц. Преобразователь 4 преобразует этот гармонический сигнал напряжения в гармонический сигнал тока, который поступает на вход управления преобразователя 2 и осуществляет токовую подпитку этого преобразователя.

Дифференциальный усилитель 5 формирует на своём выходе напряжение, равное разности на выходах преобразователя 2. Масштабирующее звено 6 преобразует поступающий на его вход измерительный сигнал таким образом, что он оказывается в заданном диапазоне. Этот диапазон определяется аналого-цифровым преобразователем, входящим в состав блока управления и выдачи информации (4 по рис. 1). Амплитудный выпрямитель 7 возвращает постоянное напряжение, уровень которого равен постоянной составляющей напряжения на его входе плюс амплитуда пульсаций.

Работа преобразователя ёмкости в разность напряжений основана на сравнении ёмкостных сопротивлений испытуемого конденсатора и образцового. Функциональная схема этого преобразователя представлена на рис. 4.

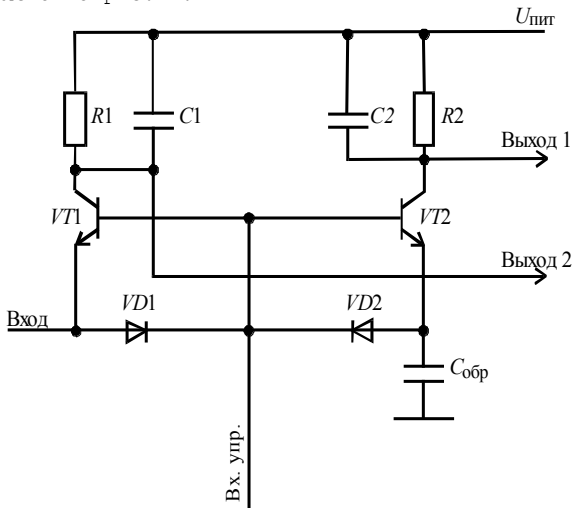
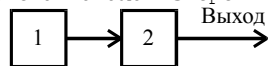


Рис. 4. Функциональная схема преобразователя ёмкости в разность напряжений

Она составлена на основе известной схемы балансного усилителя, описанной, например, в [3]. Принцип её действия таков. Гармонический токовый сигнал подпитки, поступающий в преобразователь через вход управления, распределяется по двум ёмкостным сопротивлениям: образцового конденсатора $C_{обр}$ и испытуемого конденсатора C_x . В испытуемый конденсатор C_x ток поступает через вход рассматриваемого преобразователя и выход мазутного промежутка (см. рис.2.). Подпитка обоих конденсаторов осуществляется в течение обеих полувольт: либо через открытые эмиттерные переходы транзисторов $VT1$, $VT2$, либо через открытые диоды $VD1$, $VD2$. В результате оба конденсатора подпитываются гармоническим колебанием, и ток, протекающий через них распределяется между ними обратно пропорционально их ёмкостным сопротивлениям в полном соответствии с законами Кирхгофа. При этом транзисторы $VT1$ и $VT2$ открываются только во время роста тока от минус $I_{п\max}$ до плюс $I_{п\max}$, где $I_{п\max}$ – максимальное (амплитудное) значение тока подпитки. При этом их базовые токи различны: сумма этих токов равна току подпитки, а отношение равно отношению соответствующих ёмкостных проводимостей. Коллекторные токи, соответственно, тоже различные. Выходной сигнал преобразователя представлен в виде постоянного напряжения, благодаря фильтрующим конденсаторам $C1$ и $C2$.

Структурная схема канала измерения температуры представлена на рис. 5.



- 1 - преобразователь температуры в напряжение;
- 2 - масштабирующее звено.

Рис. 5. Структурная схема канала измерения температуры

Преобразователь 1 температуры исследуемого мазута в электрическое напряжение возвращает измерительный сигнал постоянного напряжения, однозначно соответствующий температуре исследуемого мазута. Масштабирующее звено 2 линейно преобразует этот измерительный сигнал таким образом, чтобы он соответствовал диапазону входных значений аналогового напряжения, поступающего на вход АЦП, входящего в состав блока управления и выдачи информации (рис. 1.).

Функциональная схема преобразователя температуры в напряжение представлена на рис. 6.

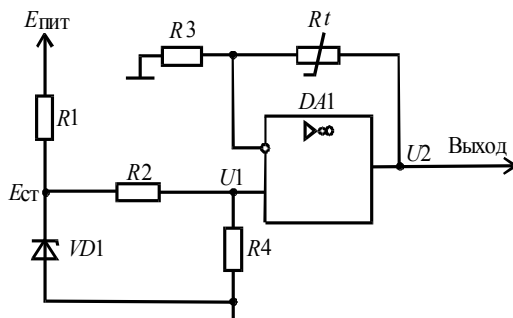


Рис. 6. Функциональная схема преобразователя температуры в напряжение

Напряжение $E_{ст}$, формируемое параметрическим стабилизатором на элементах $R1$, $VD1$, через делитель напряжения на элементах $R2$, $R4$ поступает на неинвертирующий вход операционного усилителя $DA1$: $U1 = E_{ст} \cdot (R4 / (R2 + R4))$. Разность потенциалов между входами операционного усилителя, работающего в линейном режиме, равна нулю. Резистор $R3$ соединён последовательно с терморезистором Rt . Поэтому ток через него равен току через терморезистор. В результате напряжение на выходе преобразователя: $U = U1 + U1 \cdot (Rt / R3) \Rightarrow U2 = U1 \cdot (1 + Rt / R3)$.

Тонкоплёночный терморезистор имеет номинальное сопротивление (при $0^\circ C$) $R_0 = 10$ кОм. Его чувствительность: $S = 40$ Ом/ $^\circ C$. Диапазон измерения температуры составляет от 0 до $50^\circ C$. Сопротивление терморезистора определяется формулой: $R(t) = R_0 + St$, где R_0 – номинальное сопротивление терморезистора при $0^\circ C$; t – температура в $^\circ C$. При $50^\circ C$: $R(50^\circ C) = 10$ кОм + $0,04$ кОм/ $^\circ C \cdot 50^\circ C = 12$ кОм. Это значит, что при изменении температуры от $0^\circ C$ до $50^\circ C$ сопротивление терморезистора будет изменяться от 10 до 12 кОм. Номинальный ток через тонкоплёночный терморезистор: $I_{Rt\ nom} = 100$ мкА. При этом токе обеспечивается наилучшая точность и воспроизводимость сопротивления при заданной температуре. Поскольку ток через резистор $R3$ равен току через терморезистор Rt , а разность потенциалов между входами операционного усилителя $DA1$ равна нулю: $U1 = I_{Rt\ nom} \cdot R3$. Пусть $U1 = 1$ В. Тогда 1 В = 100 мкА $\cdot R3$. $\Rightarrow R3 = 1/100$ мкА = 10 кОм.

В качестве $VD1$ выберем стабилитрон $KC133A$. Его напряжение стабилизации 3,3В. То есть $E_{ст} = 3,3$ В. Чтобы обеспечить $U1 = 1$ В, коэффициент деления делителя напряжения должен быть $1/3,3$. То есть $R4 / (R2 + R4) = 1/3,3$. Пусть $R4 = 1$ кОм, $R2 = 2,3$ кОм. Тогда $R4 / (R2 + R4) = 1$ кОм / ($2,3$ кОм + 1 кОм) = $1 / 3,3$. Номинальный ток стабилизации стабилитрона $KC133A$: 10 мА. Ток через делитель напряжения на резисторах: $R2$ и $R4$: $I_d = 3,3$ В / $3,3$ кОм = 1 мА. При номинальном токе стабилизации суммарный ток через стабилитрон и делитель будет 10 мА + 1 мА = 11 мА. При $E_{пит} = 5$ В резистор $R1$ должен быть: $R1 = (5$ В - $3,3$ В) / 11 мА = $0,155$ кОм = 155 Ом. Ближайшее стандартное значение номинального сопротивления постоянного резистора по ряду $E6$: 150 Ом. Примем $R1 = 150$ Ом.

Сопротивление терморезистора в зависимости от измеряемой температуры изменяется от 10 до 12 кОм. $U2 = U1 (1 + Rt / R3)$. При $Rt = 10$ кОм $U2 = 1$ В $\cdot (1 + 10$ кОм / 10 кОм) = 2 В. При $Rt = 12$ кОм $U2 = 1$ В $\cdot (1 + 12$ кОм / 10 кОм) = 2,2 В. То есть при изменении измеряемой температуры в диапазоне от 0 до $50^\circ C$ выходное напряжение преобразователя будет линейно изменяться в диапазоне от 2 до 2,2 В.

Выбранный нами АЦП $ICL 7135$ имеет диапазон биполярного входного напряжения от минус 5,5 В до плюс 5,5 В. Масштабирующее звено согласует диапазон измерительного сигнала на выходе преобразователя температуры в напряжение с диапазоном измерительного сигнала на входе АЦП.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 2477-65. Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: Мир, 1993.