

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ДАТЧИКА**

**В.А. КАРПОВ, А.В. КОВАЛЕВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

В условиях непрерывного роста цен на энергоносители вопросы эффективного использования топлива приобретают особое значение. Важную роль в этом играют приборы контроля экономичности работы топливопотребляющих устройств (котлов, двигателей внутреннего сгорания, печей, сушилок и т. д.), которые позволяют оптимизировать работу теплоэнергетических установок по продуктам недожигу в отходящих дымовых газах.

Для контроля эффективности работы теплоагрегатов по составу отходящих дымовых газов широко используются переносные газоанализаторы, основанные на электрохимическом принципе действия. Они имеют достаточную чувствительность и удобны в эксплуатации, однако это приборы эпизодического контроля и они не могут работать в непрерывном режиме. В условиях нестабильного погодного температурного режима эффективность контроля работы теплоагрегатов резко снижается, а часто сводится на нет [1].

Известны средства контроля отходящих дымовых газов, основанные на простом, дешевом и хорошо зарекомендовавшем себя термохимическом принципе действия. Диапазон измерения этих приборов 400...10 000 ppm, однако для многих теплоагрегатов оптимальное значение концентраций горючих компонентов в отходящих дымовых газах находится на уровне 200...300 ppm [2], т. е. уровень достигнутого явно недостаточен.

Одной из причин низкой чувствительности известных приборов является слабый отклик термохимического датчика (ТХД), порядка  $1 \div 1,5$  мкВ/ppm, при измерении концентрации монооксида углерода. В связи с отмеченным, вопрос повышения чувствительности приборов, основанных на термохимическом принципе действия, является актуальным.

Термохимический датчик представляет собой два идентичных по тепловым и электрическим параметрам термоэлемента прямого подогрева, выполненных из платинового микропровода и окученных оксидом алюминия. Один из них, покрытый слоем катализатора, называется измерительным, другой – компенсационным. Термоэлементы установлены на никелевых токоподводах, которые являются выводами ТХД. При наличии в измеряемой среде горючих компонентов на измерительном элементе происходит реакция беспламенного каталитического окисления с выделением тепла. При этом сопротивление измерительного элемента повышается, что и является мерой концентрации. Таким образом, ТХД является параметрическим датчиком и представляет собой полумост.

Известен способ повышения чувствительности ТХД, заключающийся в соединении в плечах полумоста  $n$  измерительных и компенсационных элементов. При этом чувствительность ТХД возрастает в  $n$  раз [3]. Однако кроме повышения в  $n$  раз потребляемой мощности, к недостатком данного способа следует отнести повышенную стоимость и отсутствие серийного производства датчиков с таким конструктивным исполнением.

Выходной сигнал датчика, сформированный с использованием мостовой схемы с помощью современных инструментальных средств можно усилить в 1 000...10 000 раз. Однако на постоянном токе сказываются контактные ЭДС, обусловленные наличием во входной цепи разнородных проводников (платина, никель, медь, олово), которые могут находиться при различных температурах. При этом отмеченные ЭДС находятся на уровне полезного сигнала [4].

Известен способ повышения чувствительности параметрических датчиков, заключающийся в импульсном питании датчика с соблюдением среднеквадратичного значения тока, равным номинальному [5]. При этом выигрыш в чувствительности составляет  $\sqrt{Q}$  раз, где  $Q$  – скважность питающих импульсов. Реальное повышение чувствительности при соответствующем схемном обрамлении составляет 5...6 раз, чего явно недостаточно. Кроме того, контактные явления и в этом случае ограничивают чувствительность.

Одним из эффективных способов уменьшения влияния контактных ЭДС является проведение двух измерений с противоположным направлением тока в измерительной цепи с последующим их осреднением. В статье рассмотрен измерительный преобразователь, в котором питание ТХД осуществляется двухполярными импульсами одинаковой длительности и амплитуды. При этом длительность импульсов выбирается равной периоду сетевого напряжения. Функциональная схема измерительного преобразователя представлена на рис. 1, на которой приняты следующие обозначения: ФУН – формирователь управляющих напряжений, формирующий сигналы управления ключами Кл1 и Кл2 модулятора М, который преобразует входное напряжение с потенциометра  $R_{П1}$  в двухполярное напряжение с полярностью  $\pm E_{п}$ , используемое для питания мостовой схемы, образованной ТХД и двумя резисторами  $R$ ; ДУ1, ДУ2 – дифференциальные усилители; Сум – сумматор, служит целям балансировки начального смещения мостовой схемы; ФНЧ1, ФНЧ2 – фильтры нижних частот; Кл1 и ФНЧ1 и, соответственно Кл2 и ФНЧ2 – два устройства выборки-хранения, служащие целям запоминания амплитуды выходного напряжения мостовой схемы при противоположных значениях тока через ТХД, ДУ2 при этом осуществляет осреднение этих результатов; сигналы  $U_{УПР.М}$ ,  $U_{УПР1}$ ,  $U_{УПР2}$  формируются из сетевой частоты в соответствии с диаграммой, представленной на рис. 2. Из сетевой частоты формируется меандр с последующим делением частоты на четыре. Выходное напряжение модулятора  $U_{М}$  имеет частоту 12,5 Гц. Управляющие напряжения  $U_{УПР1}$ ,  $U_{УПР2}$  открывают Кл1 и Кл2 в конце каждого четвертого импульса сетевого напряжения. Причем длительность открытого состояния Кл1, Кл2 равна длительности периода сетевого напряжения, т. о. в ФНЧ1 и ФНЧ2 происходит осреднение помех сетевой частоты за один ее период не искажая при этом амплитудного значения.

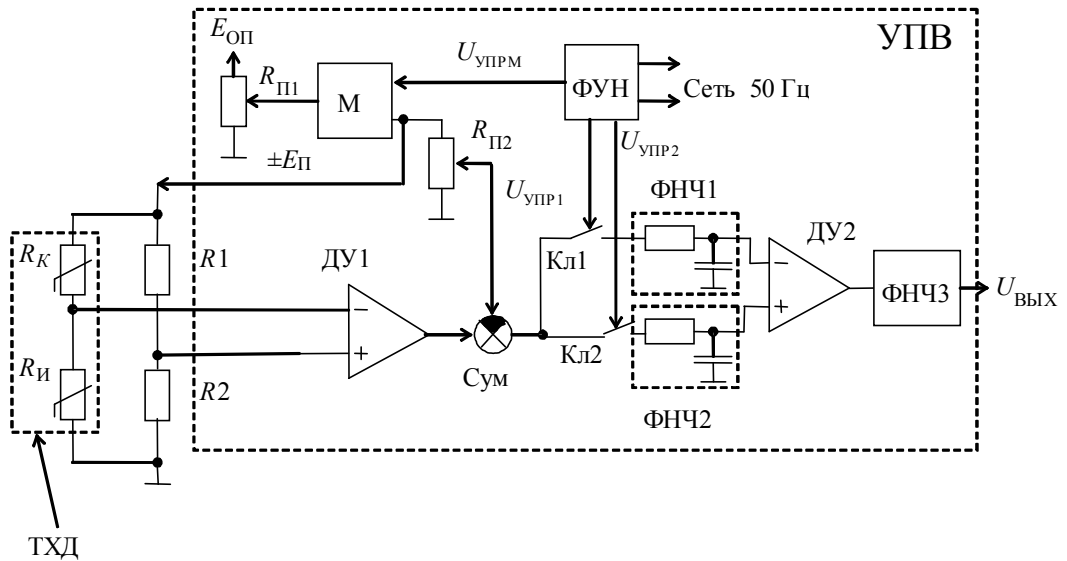


Рис. 1. Измерительная схема повышенной чувствительности для ТХД

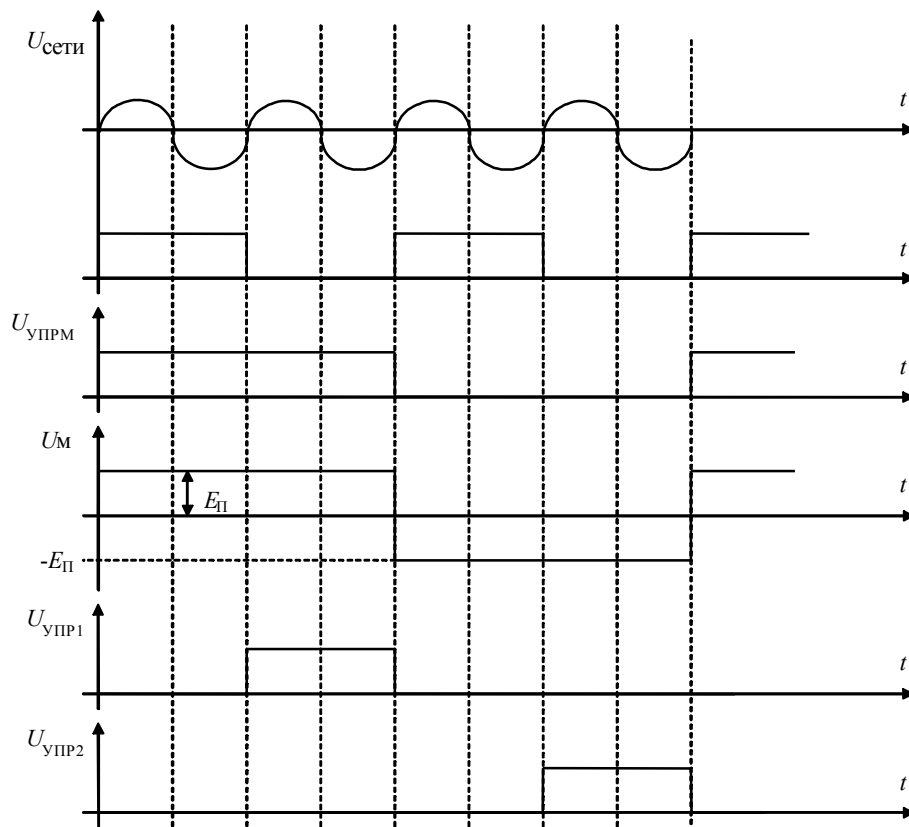


Рис. 2. Диаграмма управляющих сигналов измерительной схемы повышенной чувствительности для ТХД

Такое построение схемы позволяет повысить помехоустойчивость и компенсировать влияние переходных процессов, возникающих при смене направления тока в ТХД. При реализации данной схемы удалось добиться значения коэффициента усиления в несколько сот тысяч раз, и при этом значительно снизить влияние сетевых помех.

При натуральных испытаниях рассмотренной схемы чувствительность измерительного преобразователя с датчиком ТКС-1 [6] составила 10 мВ/ррт, что находится на уровне электрохимических средств обнаружения горючих газов.

Данный измерительный усилитель может найти применение при работе с любыми параметрическими датчиками, имеющими низкую чувствительность. Кроме того, такое построение схемы позволяет дополнительно повысить чувствительность за счет

увеличения скажности питающего напряжения, сохраняя при этом его длительность, кратной периоду сетевого напряжения.

### **Литература**

1. Бобров В. В. Непрерывный контроль качества работы котлов в промышленной энергетике / В. В. Бобров, В. В. Чернущик, В. П. Крупнов // Энергоэффективность. – 2001. – № 6. – С. 17–18.
2. Бобров В. В. Белорусские стационарные газоанализаторы – приборы контроля эффективности котлоагрегатов / В. В. Бобров // Энергоэффективность. – 2001. – № 11. – С. 20–21.
3. Тарасевич В. Н. Металлические терморезисторные преобразователи горючих газов / В. Н. Тарасевич. – Киев : Наук. думка, 1988. – 284 с.
4. Каменчук Б. А. Модуляторы малых сигналов / Б. А. Каменчук, О. А. Пинчук. – Л. : Энергия, 1980 г.
5. Передельников Г. И. Мостовые цепи с импульсным питанием / Г. И. Передельников. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – С. 5–8.
6. Элемент чувствительный ЧЭ ТКС-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Мн. : [б. и.], 2000.

*Получено 22.12.2005 г.*