Регулювання розрідження в топці котла — сучасний підхід

Юрій Тверской, к.т.н., с.н.с., ТОВ «Армакипсервіс» (м. Київ), Національний технічний університет України «КПІ»

У статті розглядається питання побудови системи автоматичного регулювання розрідження в топці котла на базі сучасних мікропроцесорних засобів автоматизації з використанням у контурі регулювання частотного перетворювача-інвертора. Запропоновано спосіб поетапного переходу від наявної системи до запропонованої. Реалізація цієї системи дозволить значно знизити споживання електроенергії приводом димососа котельного агрегату, що більшу частину часу працює в регулювальному режимі. Рішення пропонується для впровадження на котельних агрегатах малої та середньої потужності.

Вступ

Заклики уряду до дбайливого ставлення до енергоресурсів і впровадження енергозберігаючих технологій виглядають щонайменше дивно для країни, що стала на рейки ринкової економіки. Ринкова економіка, заснована на жорсткій конкуренції, передбачає такий підхід «за замовчуванням». Однак брати-слов'яни, вперто дотримуючись принципу «поки грім не вдарить...», чекають свого часу. Нарешті він настав («не було б щастя...»). Одразу з'явилися заклики до термінових дій, уже організовуються літні семінари в Ялті тощо. Проте деякі рішення лежать на поверхні. Як казав мій давній знайомий-винахідник: «Коли я ходжу територією заводу (цеху...), мені здається, що я ходжу по асигнаціях». Швидкого результату в теплоенергетиці можна досягти, приділивши належну увагу контуру регулювання розрідження в топці котельного агрегату.

Ще в технічній літературі 30-річної давності як один із можливих способів регулювання розрідження в топці котла пропонувалося швидкісне регулювання — або зміною частоти обертання димососа за допомогою гідравлічних муфт, або зміною частоти обертання електропривода. Показано, що такий спосіб найекономічніший.

Поява на ринку частотних перетворювачів-інверторів створила умови для втілення давньої технічної ідеї в життя.

1. Автоматична система регулювання розрідження

1.1. Характеристика ділянки регулювання

Об'єкт регулювання за розрідженням являє собою послідовно розташовані топку (камеру згоряння) та газоходи до всмоктувальних патрубків димососа. Невелике розрідження 2–3 мм вод. ст. (20–30 Па) у верхній частині топкового простору необхідне для стійкості факела в зоні горіння та запобігання вибиванню продуктів згоряння з котла; воно також опосередковано характеризує матеріальний баланс між повітрям — окисником палива — та відхідними газами — продуктами згоряння. Вхідна регулювальна дія — витрата відсмоктуваних димових газів, що визначається продуктивністю димососа. Зовнішня збурювальна дія — зміна витрати повітря, що подається в топку, у разі зміни теплового навантаження котельного агрегату. Внутрішні збурення — порушення газоповітряного режиму.

Динамічні властивості об'єкта регулювання характеризуються відсутністю запізнювання, малою інерційністю (стала часу близько 5–10 с) і самовирівнюванням. Особливістю є коливання регульованої величини біля середнього значення з амплітудою 3–4 мм вод. ст. (30–40 Па) і частотою кілька герц. Такі

низькочастотні коливання зумовлені, зокрема, пульсаціями витрат палива та повітря; крім того, процес горіння сам є джерелом високочастотних коливань (100–150 Гц), окремі низькочастотні моди яких можуть резонувати.

1.2. Способи регулювання

Регулювальну дію можна здійснювати шляхом зміни продуктивності димососа:

- зміною положення багатовісних дросельних заслінок (на рис. 1 — крива 1);
- зміною положення напрямних апаратів (на рис. 1 — крива 2);
- швидкісним регулюванням (на рис. 1 — крива 3).

Порівняльну оцінку різних способів реалізації регулювальної дії наведено на рис. 1 у координатах: відносна витрата електричної енергії як функція відносної продуктивності димососа.

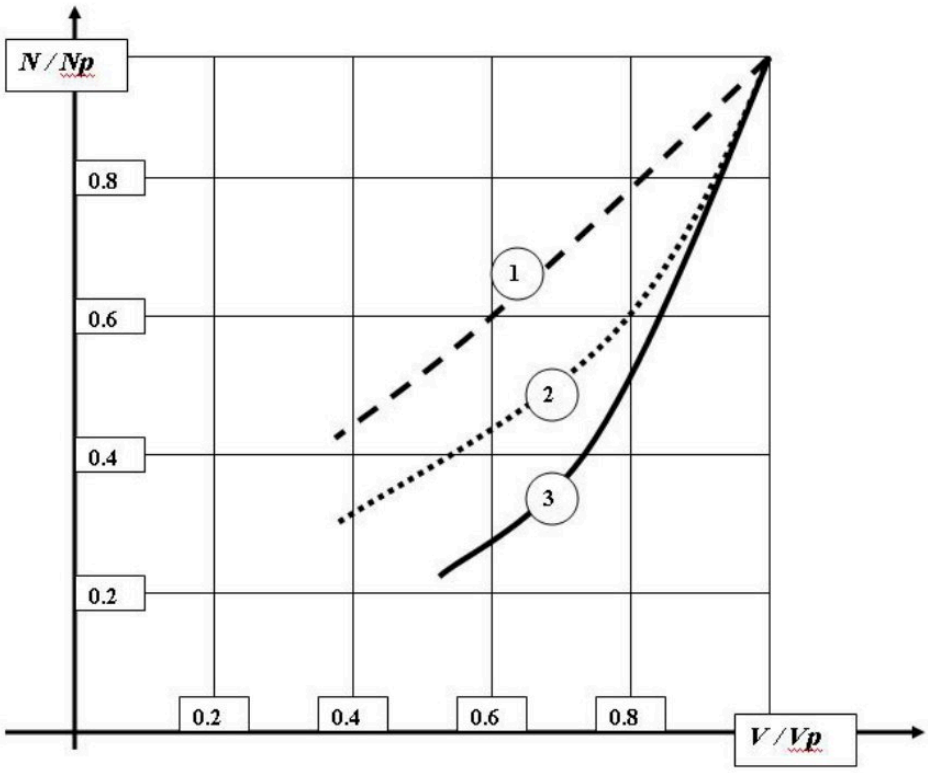


Рис. 1. Енергоспоживання за різних способів регулювання

З графіків видно, що за навантажень, відмінних від 100 %, найекономічнішим є швидкісний спосіб реалізації регулювальної дії.

З погляду структури контуру регулювання найбільшого поширення набула одноконтурна схема з імпульсним регулювальним блоком, який разом із виконавчим механізмом постійної швидкості реалізує ПІ-закон в імпульсному режимі.

Однак варто зазначити, що контури регулювання співвідношення паливо–повітря та розрідження фізично пов'язані через об'єкт регулювання. Тому під час роботи котла в регулювальному режимі (тобто за частої зміни навантаження котла) зміна витрати повітря для підтримання співвідношення з паливом порушує баланс матеріальних потоків. Щоб запобігти цьому, вводять випереджальний зникаючий сигнал від регулятора повітря (реальне диференціювання вихідного сигналу регулятора повітря).

1.3. Наявні технічні засоби регулювання розрідження

Як правило, для котлів малої та середньої потужності використовуються такі засоби автоматизації:

- датчик — диференціальний тягомір ДТ-2-50 (-100, -200, -300) виробництва Московського заводу теплової автоматики (МЗТА), Росія;
- регулювальний блок РПІБ (знятий з виробництва МЗТА), Р25.1.2 (знятий з виробництва МЗТА), РС29.1.12 (МЗТА) та інші його моделі з дифтрансформаторним входом (випускаються) або український аналог УКР01.1.12;
- виконавчий механізм МЕО-250/25-0.25-Р-87 із трифазним двигуном (залежно від продуктивності димососа можуть бути й інші моделі) виробництва Чебоксарського заводу електровиконавчих механізмів (ЗЕіМ), Росія.

За потреби забезпечити динамічний зв'язок між контурами співвідношення паливо–повітря та розрідження використовується комплект динамічного зв'язку КДС (МЗТА).

Як бачимо, увесь комплекс технічних засобів виробляється в Росії. Живучість такого комплексу зумовлена не лише консервативністю експлуатаційників, а й наявністю потужного ринку так званих «неліквідів», терміни існування якого визначені наперед.

Якщо орієнтуватися на реальні ціни нових засобів автоматизації, отримаємо таке:

- ДТ-2-50 — близько 500 грн;
- РС29 — близько 1500 грн;
- МЕО-250 — близько 4500 грн.

Таким чином, заміна приладів (а вони рано чи пізно остаточно вийдуть з ладу) у межах старої схеми регулювання обійдеться приблизно в 7000 грн, і при цьому не буде зроблено жодного кроку до отримання будь-яких економічних дивідендів.

1.4. Запропоновані технічні засоби регулювання розрідження

Модернізований контур регулювання розрідження наведено на рис. 2.

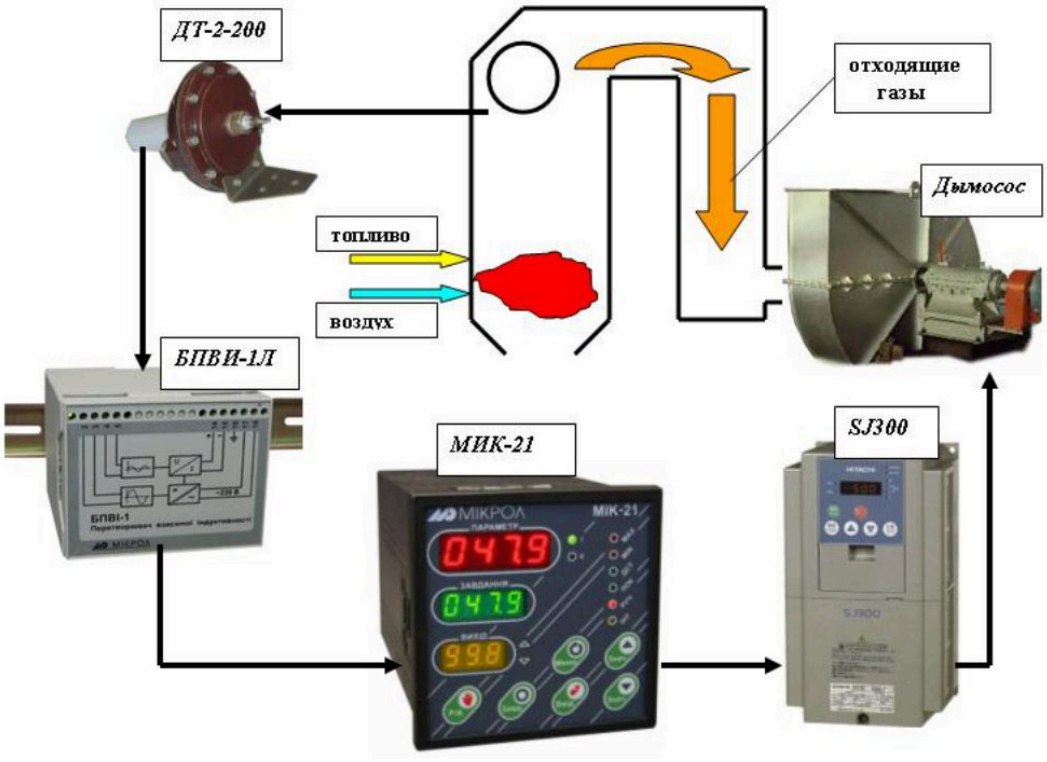


Рис. 2. Модернізований контур автоматичного регулювання розрідження

Для швидкої модернізації наявної схеми можна використати датчик ДТ-2, який уже застосовувався в контурі. Для перетворення сигналу з ДТ-2 в уніфікований струмовий використовується блок перетворення взаємної індуктивності БПВІ-1Л із вбудованим вузлом лінеаризації сигналу (виробництва «Мікрол»). Первинна обмотка ДТ-2 живиться від БПВІ-1Л.

Струмовий сигнал з БПВІ-1Л подається на аналоговий вхід мікропроцесорного ПІД-регулятора МІК-21-05 («Мікрол»). Аналоговий вихід МІК-21 з'єднаний з аналоговим входом частотного перетворювача-інвертора, наприклад SJ300 Hitachi. Трифазний вихід інвертора з'єднаний із клемами живлення трифазного асинхронного двигуна димососа (на схемі не показано додаткові пристрої інвертора, як-от мережевий фільтр тощо, потреба в яких залежить від потужності електропривода). За наявності неузгодженості на вході МІК-21 між поточним і заданим розрідженням регулятор за ПІД-законом змінює частоту та напругу живлення електропривода до усунення неузгодженості. Тип характеристики «частота/напруга» задається під час налаштування інвертора (для димососа — «скалярна квадратична»).

Наявність програмованих дискретних входів-виходів у МІК-21 та інвертора дозволяє конфігурувати різні варіанти режимів «Ручний/Автомат». Наприклад, ручне керування «за місцем» може здійснюватися потенціометром інвертора, а зміна стану дискретного входу інвертора передає керування приводом регулятору МІК-21 у режимі «Ручний» або «Автомат». На другий вхід МІК-21 можна подати сигнал з аналогового виходу інвертора (струм навантаження або поточну частоту живлення навантаження).

Для поетапного переходу від старої до нової схеми регулювання розрідження можна творчо використати конструктивні особливості МІК-21 — наявність у його структурі як імпульсного, так і аналогового ПІД-регуляторів. Якщо дискретні виходи МІК-21 Д1 («Більше») і Д2 («Менше») підключити до входів пускача ПБР-3А (ПБР-2М для однофазних МЕО), використовуючи внутрішнє джерело живлення 24 В пускача, то в будь-який момент можна повернутися до старої схеми регулювання на базі МІК-21. Для цього достатньо переконфігурувати структуру ПІД-регулятора МІК-21 кнопками з панелі керування (і змінити налаштування). Таким чином, у перехідний період регулятор МІК-21 буде одночасно підключений до обох контурів регулювання.

Вибір МІК-21 як регулятора зумовлений такими взаємопов'язаними причинами:

- це сучасний засіб автоматизації з комунікаційними функціями (OPC-сервер, протокол Modbus RTU) для зв'язку з верхнім рівнем АСУ ТП;
- наявність 16-розрядного АЦП і 12-розрядного ЦАП дозволяє під час реалізації аналогового ПІД-закону максимально наблизитися до теоретичного ПІД-закону регулювання (разом з інвертором як виконавчим пристроєм);
- «комунікабельність» регулятора щодо оператора технологічного процесу. Не секрет, що в малій і середній теплоенергетиці є проблеми з кваліфікацією обслуговуючого персоналу. У цьому сенсі регулятори «Мікрол» максимально схожі на старі моделі регуляторів за функціями керування, призначеними для оператора (режим «Ручний/Автомат», встановлення «Завдання», ручне керування виконавчим механізмом тощо);
- можливість налаштування фільтра вхідного сигналу з панелі регулятора, наприклад для усунення впливу згаданих вище низькочастотних пульсацій розрідження в топці котла;
- вартість МІК-21 практично дорівнює вартості нового РС29.1.12М.

Щодо використання частотного перетворювача можна повторити фразу, взяту з Інтернету: «якщо є вагомі підстави — частотний перетворювач не використовують, якщо підстав немає — використовують частотний перетворювач „за замовчуванням“». Для керування димососом достатньо скалярної характеристики «напруга/частота». Під час вибору інвертора на це варто звернути увагу, оскільки різниця в ціні між векторним і скалярним типами становить близько 30 %, і не всі фірми, представлені на ринку України, постачають інвертори, наприклад, на 30 кВт лише зі скалярним типом характеристики (Hitachi постачає). Інвертори Hitachi займають лідерські позиції на ринку України за співвідношенням ціна/якість.

Ще досконалішу систему регулювання котлоагрегатом можна реалізувати за допомогою контролера МІК-51 «Мікрол». Вище згадувався зв'язок контурів регулювання співвідношення та розрідження. Конфігуруючи схему співвідношення паливо–повітря та схему регулювання розрідження в одному пристрої, можна організувати динамічний зв'язок між зміною витрати повітря та контуром розрідження, з'єднавши вихід регулятора витрати повітря зі входом регулятора розрідження через ланку реального диференціювання. Один із варіантів такої системи, реалізованої в редакторі FBD-програм АЛЬФА (використовується для конфігурування МІК-51 з ПК), наведено на рис. 3 (частину схеми співвідношення не показано).

Витрати на модернізацію становитимуть:

- МІК-21-05 — 1440 грн плюс вартість клемно-блочного з'єднувача: КБЗ-25-11 — 120 грн (без реле) або КБЗ-28Р-11 — 360 грн (з реле); МІК-21 можна скомутувати із зовнішніми пристроями власними силами, не використовуючи КБЗ;
- блок БПВІ-1Л — 552 грн;
- інвертор на 30 кВт, наприклад L300P Hitachi, — близько 12 000 грн (малі котли);
- інвертор на 110 кВт (котел ДКВР-20-13-250, димосос Д-13,5), L300P — близько 45 000 грн.

Оскільки вартість МІК-21 дорівнює вартості нового РС29, а сума вартості ДТ-2-50 і БПВІ-1Л менша за вартість нового перетворювача «Сапфір» (тим більше «Метран»), основні витрати пов'язані з придбанням інвертора. Численні публікації в Інтернеті про впровадження інверторів свідчать, що термін окупності становить приблизно 1 рік. Найбільшого економічного ефекту можна досягти на котлах, що працюють у режимах зі змінним навантаженням.

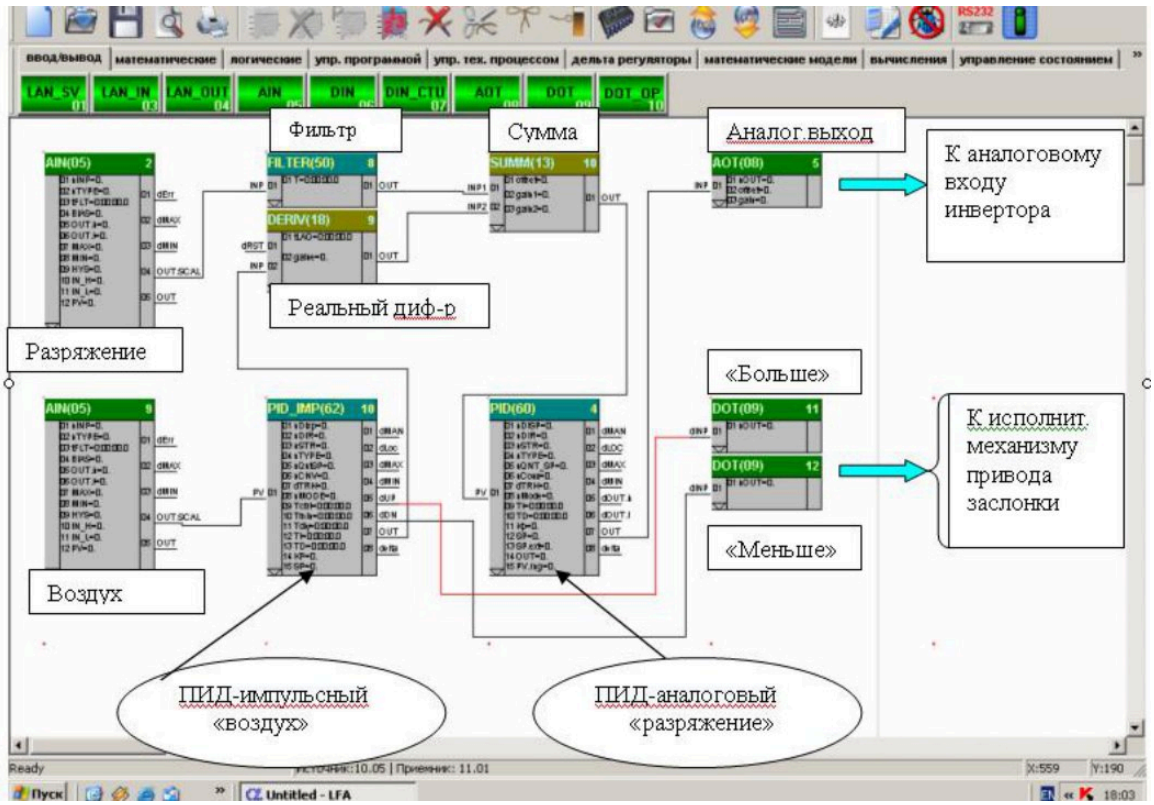


Рис. 3. FBD-програма контурів регулювання розрідження для МІК-51

Висновок

Використання мікропроцесорних регуляторів «Мікрол» і частотних перетворювачів у контурах регулювання є сучасним підходом до проблем автоматизації та дозволяє отримати значний економічний ефект завдяки:

- економії електроенергії на приводах виконавчих пристроїв;
- економії природного газу — палива котельних агрегатів — завдяки якіснішому регулюванню в умовах дії збурень за навантаженням і внутрішніх неконтрольованих завад.

Контакти

Більш детальну інформацію щодо продукції, про яку йшла мова у статті, ви можете дізнатися у **ТОВ «Мікрол»**:
+38 (0342) 502-701
+38 (067) 359-70-90
+38 (095) 092-07-28
sale@microl.ua, microl_zbut@microl.ua, zbutmicrol@gmail.com
www.microl.ua

Відділ технічної підтримки:
+38 (0342) 502-702
+38 (067) 704-00-29
+38 (095) 302-37-57
support@microl.ua, supmicrol@gmail.com

Статтю опубліковано у всеукраїнській галузевій газеті «ЕлектроТЕМА», № 5, 2006.