

Система стабілізації моменту обпикальної печі

Обпикальна піч – агрегат, призначений для обпiku окатишів. Цехи виробництва окатишів Полтавського гірничо-збагачувального комбінату були побудовані за проектом американської компанії Allis Chalmers у 1974 році. На відміну від радянської схеми на основі тарілчастих грудкоутворювачів і т.зв. «обпикальної решітки», в американській схемі застосований принцип повторного використання тепла (рекуперації) газової горілки. Обпикальна піч (рис. 1) являє собою циліндр довжиною близько 35 м та діаметром близько 8 м.



Рис. 1 Обпикальна піч

Вісь циліндра нахилена до горизонту (рис. 2), а сама піч обертається за допомогою вінцевої шестерні та приводних вал-шестерень. Завдяки цьому напівобпечені окатиші скочуються внутрішньою поверхнею печі до газової горілки та спікаються за температури близько 1300°C.

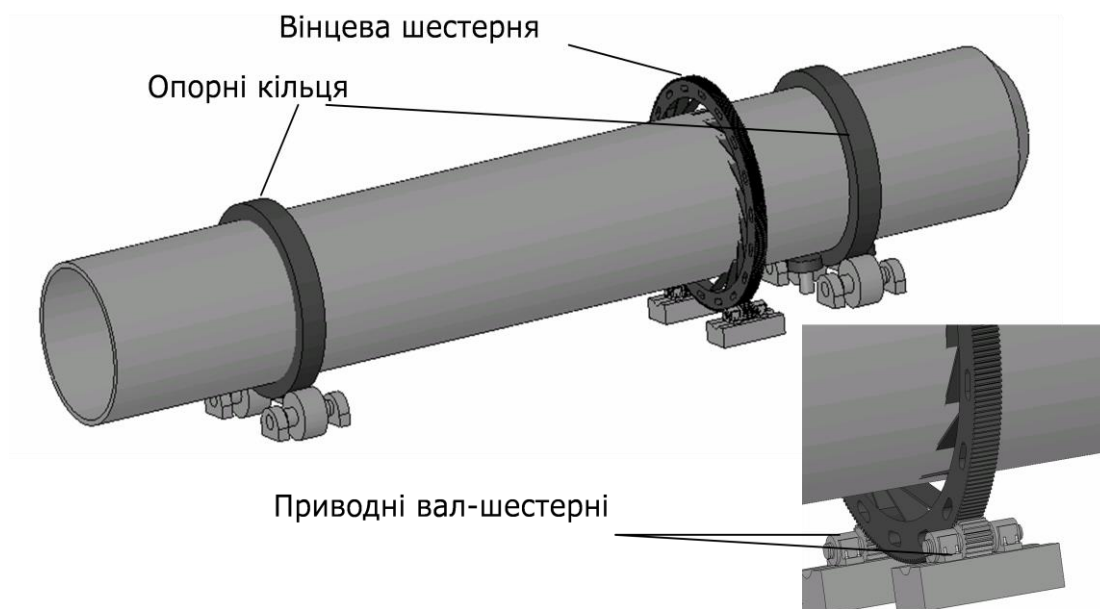


Рис. 2 Кінематика печі

На одній з чотирьох печей почастішали випадки аварійного виходу з ладу кріплень підшипникової опори. Відбувалися часті розриви анкерного болта кріплення, що призводило до тривалого виводу печі з експлуатації.

До фахівців кафедри електропривода звернулися з проханням діагностувати причини аварій та розробити заходи з їх усунення.

Результати діагностування

Під час діагностування електромеханічних систем завжди слід урахувувати взаємозв'язок електричних та механічних процесів у приводі. У даному випадку проблема ускладнювалася наявністю електричного зв'язку поміж приводними двигунами через спільне якірне коло (рис. 3).

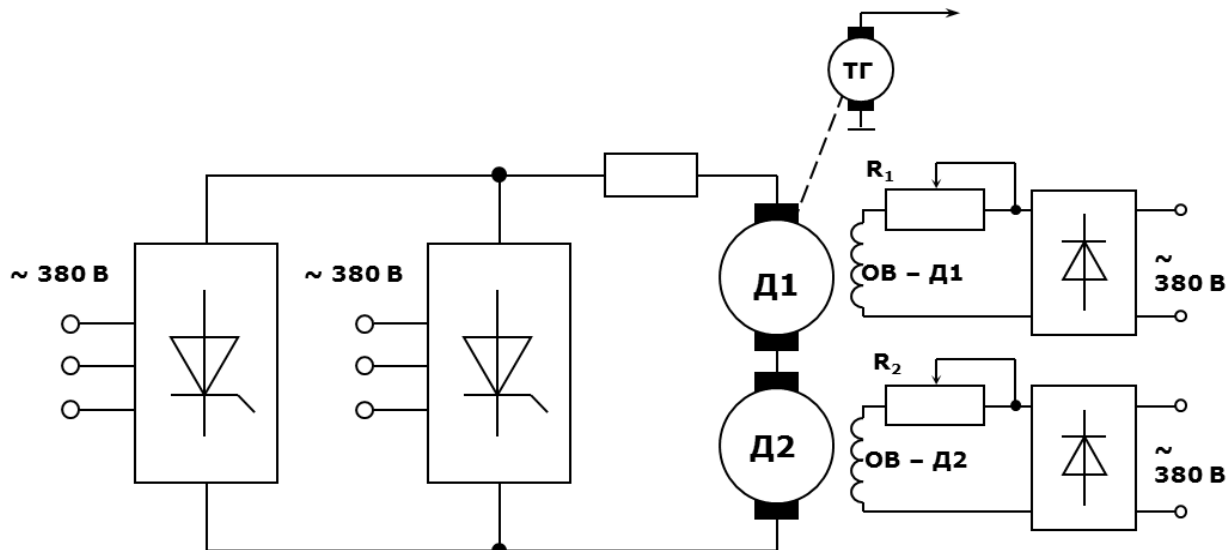


Рис. 3 Схема силових кіл

Таким чином, пульсації механічних зусиль на валі одного з приводних двигунів неминуче передаються через якірне коло та відображаються в моменті іншого двигуна.

Існувала також гіпотеза, що система керування електроприводом є першоджерелом пульсації механічних зусиль.

Було проведено моделювання розподілу зусиль у механічній частині привода та встановлено, що проблемні ділянки – саме анкерні кріплення лівої підшипникової опори з внутрішнього боку (рис. 4).

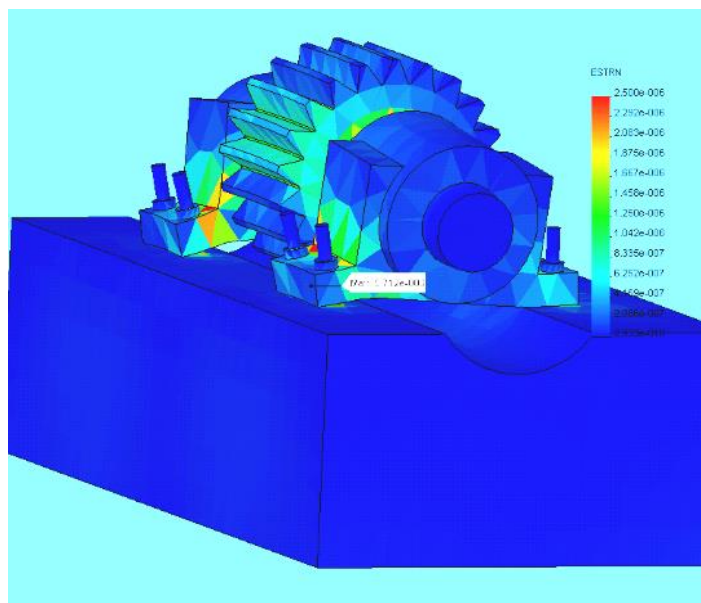


Рис. 4 Діаграма зусиль

За допомогою лазерного відстанеміра здійснено вимірювання геометрії тіла печі – виявилось, що викривлення геометрії складає 8-10 см. На перший погляд незначне викривлення за багатотонної маси печі обумовлює виникнення змінного зусилля в анкерному кріпленні.

Іншою причиною пульсацій стало порушення евольвентної форми зубців вал-шестерень та вінцевої шестерні (рис. 5).



Рис. 5 Форма зубців зубчастої пари

Зміна радіусів зачеплення під час обертання фактично означає зміну передаточного числа передачі. Усі ці процеси наочно виявляються в осцилограмах електричних сигналів та механічних зусиль (рис. 6).

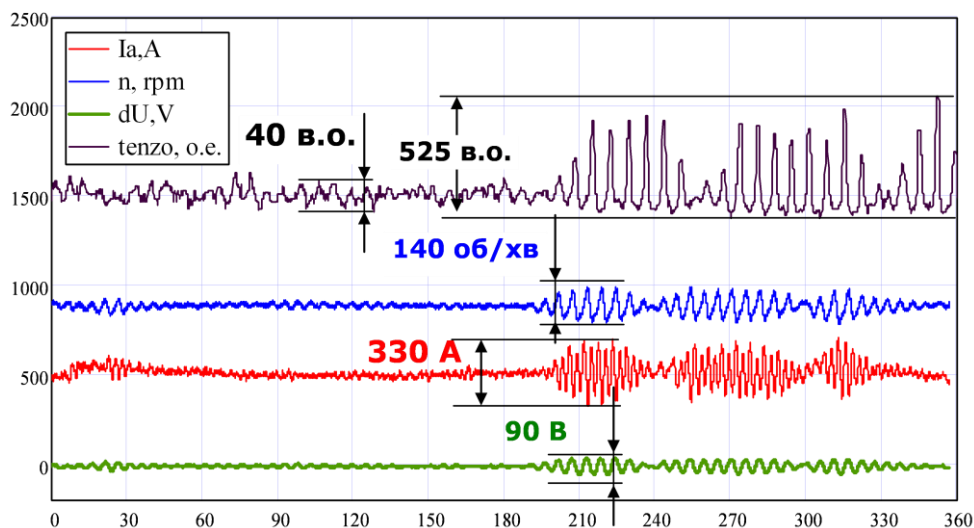


Рис. 6 Осцилограми процесів приводу барабану

Вивчення осцилограм показало, що першопричиною пульсацій однозначно є механічна частина агрегату: спочатку виникають пульсації зусилля і з'являються коливання швидкості приводних двигунів, і лише потім на них реагує система регулювання (контур струму якоря).

Для усунення цих пульсацій було розроблено нестандартне науково-технічне рішення: керування струмами збудження приводних двигунів у функції швидкостей і струму якоря. Система отримала назву «Система стабілізації моменту», ССМ.

Простіше кажучи, система керування має послабити струм збудження того двигуна, який на даний момент має більше навантаження. За послабленого струму збудження привод плавно замикає зазори в механічній передачі, система керування протидіє появі завеликих зусиль в анкерних кріпленнях.

Алгоритм керування був реалізований на мікроконтролері Atmel, як керовані випрямлячі використані модулі збудження FXM виробництва компанії Control Techniques (рис. 7).



Рис. 7 Система стабілізації моменту

Після установки системи відбулося помітне зниження коливань механічних зусиль (рис. 8).



Рис. 8 Спектри зусиль

Спектральні лінії пульсацій струму якоря перемістилися з області поблизу 2 Гц в область близько 1 Гц та зменшилися за амплітудою.

Обпикальна піч пропрацювала без жодної аварії протягом 4-х років аж до заміни вінцевої шестерні.



Рис. 9 Учасники проекту

На знімку (зліва направо) співробітники кафедри електропривода, які брали участь у проекті: Олександр Балахонцев, Илля Пельтек, Євгеній Худий, Костянтин Улицький.