

**ПРОБЛЕМАТИКА ПОБУДОВИ ПЕРЕТВОРЮВАЧА КУТ-КОД
ДЛЯ АНАЛОГОВИХ ДАТЧИКІВ ПОЛОЖЕННЯ РОТОРА**

Р.Д. Єршов, студент групи МС-061

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент кафедри промислової електроніки
Чернігівського державного технологічного університету С.А. Іванець
Чернігівський державний технологічний університет

В радянській промисловій та військовій техніці в якості датчиків зворотного зв'язку з метою контролю положення та швидкості повороту ротора електродвигунів, і загалом обертальних механізмів, широко використовувались електричні машини. До датчиків швидкості відносять тахогенератори постійного та змінного струмів. Більшого розповсюдження набули тахогенератори постійного струму через простоту інтерпретації їх вихідного сигналу.

До датчиків положення слід віднести синусно-косинусні обертаючі трансформатори (далі СКВТ (рос.)), лінійні трансформатори та сельсини. Їх об'єднує спільний принцип дії: обмотка статора живиться з джерела змінної синусоїдальної напруги $U_{вх.} = U_0 \sin \omega t$, внаслідок чого виникає магнітне поле, яке в свою чергу збуджує в обмотках ротора е.р.с індукції (1), яка пропорційна синусу кута q між контурами статора та ротора. Відмінність між цими електричними машинами полягає у різній кількості обмоток.

$$U_{вих.} : U_0 \sin \omega t \sin q. \quad (1)$$

До переваг електромагнітних датчиків перед сучасними оптичними датчиками та механічними енкадерами слід віднести надійність, заводостійкість, та велику точність відображення результату (останні дві властивості можуть бути досягнуті лише за правильного монтажу та використання приладів). Серед недоліків виділяють достатньо великі габаритні розміри, велику вартість виготовлення, необхідність встановлення додаткового джерела живлення статора та високі струми споживання (до кількох ампер), що робить проблематичним з'єднання цих датчиків із сучасними цифровими системами обробки інформації.

Тим не менш, задача інтеграції старих, але все ще не відпрацьованих систем датчиків та силової частини електроприводів із новою керуючою частиною, є актуальною. Так, наприклад, інженери КБ ім.Гуполева нещодавно були відзначені Державною премією за вдале вирішення проблеми інтеграції аналогового силового обладнання літака ТУ-154 із сучасною системою автопілоту, яка відповідає міжнародним нормам польотів. Цим було подовжено строк експлуатації вже випущених літаків та зекономлено багато грошей, які б пішли на повне переобладнання.

Запропонований авторами спеціалізований цифровий вузол обробки, що в термінах теорії автоматизованого управління є перетворювачем кут-код, призначений для обробки сигналів та видачі цифрового коду у форматі з фіксованою комою кута повороту ротора двигуна. В якості датчика положення вибраний синусно-косинусний обертаючий трансформатор, який має дві ортогональні обмотки на роторі. Вибір саме цього типу датчику пов'язаний з відносною складністю алгоритму обробки вихідних напруг та з наявністю матеріальної бази.

Найбільш вдалою архітектурою для математичної моделі перетворювача кут-код [2, 3] є слідкуючий квадратурний модулятор-демодулятор з інтегратором кута розбіжності. Вхідними даними для цього перетворювача є цифрові коди значень напруги на синусній $U_0 \sin \omega t \sin q$ та косинусній $U_0 \sin \omega t \cos q$ обмотках ротора (квадратурні складові) та значення напруги збудження статора СКВТ, що отримуються з аналогово-цифрових перетворювачів. Методика заведення напруги з СКВТ на АЦП з мінімальним рівнем шуму узгоджувачого каскаду є темою для окремого дослідження. Перетворювач обирає початкове наближення шуканого кута повороту $q = j$. Квадратурні складові помножуються відповідно на значення $\cos j$ та $\sin j$, а потім додаються. Це є фазою модуляції сигналу. Отриманий вираз за формулами приведення складається із добутку напруги збудження та синуса різниці поточного значення кута повороту та шуканого (2).

$$U_0 \sin \omega t \sin q \cos j - U_0 \sin \omega t \cos q \sin j = U_0 \sin \omega t \cdot \sin(q - j). \quad (2)$$

Демодуляція проводиться за допомогою ділення результату на напругу збудження статора, та керування значеннями кута j за допомогою ПІ-регулятора за подальшою екстраполяцією. Ітерації з однією вхідною вибіркою проводяться допоки розбіжність не стане мінімальною (чи нульовою). За цієї умови поточне наближення кута j співпадає із значенням шуканого кута q .

Застосування такого методу дозволяє зменшити похибку визначення кута до декількох кутових секунд.

Вузол обробки, зважаючи на неможливість стрибкоподібної зміни кута положення ротора, може забезпечувати частоту видачі кута до 50 тисяч вибірок за секунду через послідовний інтерфейс [1].

Вищеописаний вузол може бути реалізований на мові VHDL для ПЛІС, що є значно дешевшим та гнучкішим рішенням перетворювача в порівнянні з існуючими готовими рішеннями на ASIC-мікросхемах від закордонних виробників.

Подальші напрямки досліджень в цій сфері можуть стосуватися розробки архітектури вузла цифрової обробки у випадку каскадного ввімкнення через механічний редуктор електромагнітних датчиків положення.

Література:

1. Воронин Н.Н. Высокоточный цифровой преобразователь угла. / Воронин Н.Н., Домрачев В.М., Сигачев И.П., Тимашов Н.А. – Измерительная техника, 2004. – №2. – с.20-24.
2. Дж. Вульвет. Датчики в цифровых системах / Дж. Вульвет – М.: Энергоиздат, 1981. – 200с.
3. Домрачев В.Г. Схемотехника цифровых преобразователей перемещений / Домрачев В.Г., Матвеевский В.Р., Смирнов Ю.С. – М.: Энергоиздат, 1987. – 392с.