

структури електропривода з пошуковими регуляторами мінімуму струму статора дають можливість здійснювати регулювання за простими алгоритмами і безпосередньо вимірюваним струмом статора.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ильинский Н. Ф., Рожановский Ю. В., Горнов А. О. Энергосбережение в электроприводе. — М.: Высшая школа, 1984. — 200 с.

УДК 621.313.322

## КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ПРИ ЇХ ВИПРОБОВУВАННЯХ

В. Ю. Кучерук, канд техн. наук

Сучасний розвиток метрологічного забезпечення і технічних засобів контролю у напрямку все більш широкого використання мікроконтролерів, персональних ЕОМ дозволяє здійснювати ефективні вимірювальні алгоритми і процедури, проводити швидко обробку результатів вимірювань і тим самим суттєво підвищувати функціональні можливості і ефективність роботи засобів контролю. В [1] запропоновано програму приймально-здавальних випробовувань доповнити випробовуваннями в динамічному режимі роботи двигуна.

З точки зору контролю зручно як модель використовувати залежність показників якості від параметрів, які розбиті на певні функціональні групи [1]. Показники якості асинхронного двигуна при приймально-здавальних випробовуваннях представимо у вигляді ієрархічної моделі (рис. 1), попередньо прийнявши для них наступні умови:

- Показники, які враховуються для оцінки якості двигуна при випробовуваннях, повинні бути ідентичні показникам, які враховуються при проектуванні.
- Склад показників якості повинен відображати основні експлуатаційні характеристики двигунів.
- Показники якості повинні бути визначені таким чином, щоб простіше було б визначати залежність між підвищенням якості двигуна і зміною при цьому будь-якої експлуатаційної характеристики.

Рівень I ієрархії характеризує узагальнений показник якості. Рівень II — комплексні показники якості. Рівень III — показники якості основних параметрів двигуна. При такій ієрархічній побудові показників якості задача зводиться до того, щоб оцінити вплив певного параметру двигуна на узагальнений показник якості при випробовуваннях. Залежності показників якості від параметрів можуть визначати логічний або аналітичний тип моделі контролю.

Логічна модель визначає якісну форму залежності показників якості від параметрів. В логічній моделі всі показники якості можуть приймати лише два значення: «годний» (1) і «не годний» (0). Поєднання всіх показників якості, що мають значення 1, відповідає працездатному стану об'єкта. Несправний стан об'єкта характеризується множиною значень показників якості, в якій хоча б один із показників прийняв значення 0. Таким чином, стан об'єкта контролю у цілому також описується логічною змінною, яка приймає значення 1 при працездатному об'єкті і 0 — при непрацездатному. Такий опис достатній з точки зору прийняття рішення про працездатність об'єкта.

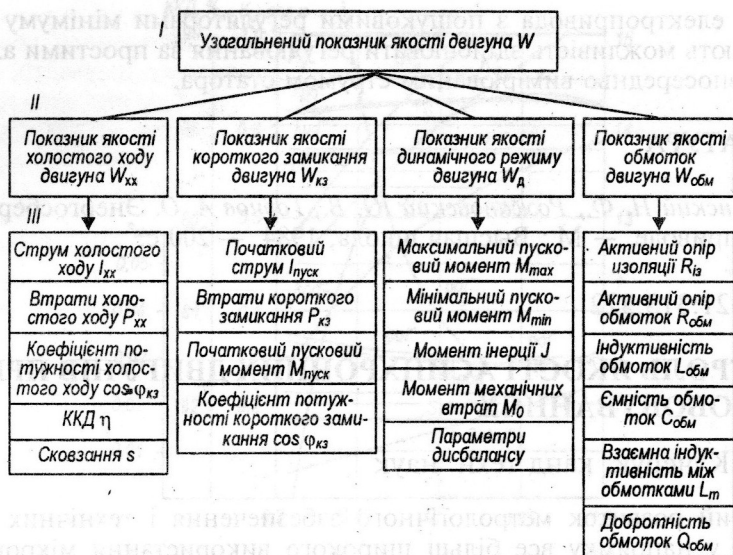


Рис. 1. Ієрархічна модель асинхронного двигуна

Основним недоліком логічної моделі контролю є те, що в силу якісного зв'язку показників якості з параметрами вона не може дати повної інформації про вплив умов експлуатації і зберігання на якість функціонування об'єкта контролю, а також проводити класифікацію об'єктів контролю за категоріями якості.

В аналітичній моделі показники якості характеризуються неперервністю, тобто малі зміни значень параметрів приводять до малих змін показників якості. Правильно вибраний показник якості як функція параметрів повинен мати екстремальне значення. Екстремуму показника якості відповідають номінальні значення параметрів. Тому всяке відхилення параметрів двигуна від своїх номінальних значень приводить до погіршення значення показника якості. Аналітична модель дає кількісний зв'язок показників якості з параметрами. Цей кількісний зв'язок дає більшу інформацію при контролі, яку можна використовувати не тільки для прийняття рішення про годність об'єкта, але й для аналізу впливу умов зберігання і експлуатації на властивості об'єкта контролю, а також для діагностики несправностей.

Кількісна оцінка узагальненого показника якості може формуватися експертними методами як в [3, 4]:

$$W = a_1 W_{xx} + a_2 W_{кз} + a_3 W_d + a_4 W_{обм}, \quad (1)$$

де  $a_1, a_2, a_3, a_4$  — вагові коефіцієнти.

При експертних методах оцінки на формування узагальненого судження (оцінку якості) впливає власний досвід експертів, інтуїтивне відчуття важливості тих чи інших параметрів, різниця в оцінці однакових об'єктів контролю різними групами експертів, що особливо небажано в тих випадках, коли процес проведення експертизи достатньо тривалий, а склад експертної групи міняється [5].

Один із шляхів усунення такої неоднозначності — встановлення єдиних правил формування показників якості.

**Правило 1.** Правило співрозмірності масштабів вимірювань:

$$0 \leq f(W_{xx}, W_{кз}, W_d, W_{обм}, W_{пар i}), \quad (2)$$

де  $0 \leq W_{xx} \leq 1$ ;  $0 \leq W_{кз} \leq 1$ ;  $0 \leq W_d \leq 1$ ;  $0 \leq W_{обм} \leq 1$ ;  $0 \leq W_{пар i} \leq 1$ ;  $W_{пар i}$  — показник якості  $i$ -го параметра.

Правило 2. Правило нижньої межі показника якості:

$$f(W_i, 0) = 0, \quad (3)$$

тобто при нульовій оцінці будь-якого показника якості показник якості, який розташований вище по ієрархії, приймає значення нуля.

Правило 3. Правило верхньої межі показника якості:

$$f(W_i) = 1 \text{ при } W_1 = W_2 = \dots = W_i, \quad (4)$$

тобто при одиничній оцінці всіх показників якості показник якості, який розташований вище по ієрархії, приймає значення одиниці.

Правило 4. Перше правило взаємної незалежності показників якості:

$$f(f(W_1, \dots, W_i)) = f(f(W_1), \dots, f(W_i)). \quad (5)$$

Правило 5. Друге правило взаємної незалежності показників якості:

$$f(f(W_1, W_2), \dots, W_{i-1}, W_i) = f(W_1, W_2, \dots, f(W_{i-1}, W_i)). \quad (6)$$

Правило 5 аналогічне відомому правилу «від переміни місць доданків сума не змінюється».

Правило 6. Правило ідентичності вимірювань:

$$i = \text{cons.} \quad (7)$$

Взаємне порівняння технічних рішень і оцінка якості об'єкта контролю можливі лише у тому випадку, коли показники якості ідентичні для всіх порівнюваних об'єктів як за методами контролю, так і за кількістю параметрів, що контролюються.

Аналіз сформульованих правил формування показників якості показує, що найбільш простою функцією, яка задовольняє їм, є функція

$$\left. \begin{aligned} W &= W_{xx} W_{kз} W_d W_{обм} \\ W_{xx} &= W_{\text{пар } xx1} \dots W_{\text{пар } xxk} \\ W_{kз} &= W_{\text{пар } kз1} \dots W_{\text{пар } kзl} \\ W_d &= W_{\text{пар } d1} \dots W_{\text{пар } dm} \\ W_{обм} &= W_{\text{пар.обм } 1} \dots W_{\text{пар.обм } i} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

де  $k, l, m, i$  — кількість параметрів, які формують відповідно показники якості  $W_{xx}, W_{kз}, W_d, W_{обм}$ , тобто  $W = W_1$ .

Ця функція достатньо зручна для практичного використання. Графічно представити функцію (8) найбільш просто як залежність  $W = W_1 = W_2$  (рис. 2). Такі в загальному вигляді принципи формування узагальненого та комплексних показників якості. Формування узагальненого показника якості здійснюється на основі комплексних показників якості та показників якості основних параметрів.

Формалізація вибору показників якості основних параметрів — задача більш складна, тому що прийняття тих чи інших показників залежить від особливостей об'єкта оцінки.

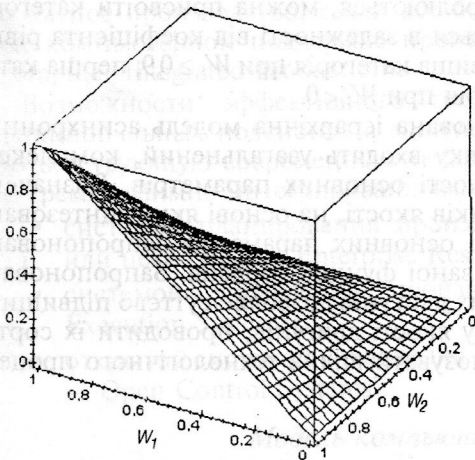


Рис. 2. Просторове зображення функції  $W = W_1 = W_2$



До показника якості основних параметрів можна сформулювати такі вимоги:

- показник якості — це симетрична унімодальна функція відносно поля допуску параметра;
- в межах поля допуску показник якості змінюється від 0 до 1 в залежності від відхилення виміряного значення параметра від номінального;
- за межами поля допуску показник якості приймає нульове значення.

В основу методики визначення показників якості основних параметрів, які задовольняють вищевказаним вимогам, положено функцію Їордана [5]:

$$f_{\varepsilon}(y) = \frac{\cos y}{\sqrt{1 + \varepsilon \sin^2 y}}. \quad (9)$$

Для того, щоб використати функцію Їордана для формування показників якості основних параметрів, потрібно формувати її у межах поля допуску  $\pm$  параметра  $P$  і максимум функції ( $f_{\varepsilon}(P)$ ) повинен відповідати номінальному значенню параметра  $P_{\text{ном}}$ , що контролюється.

Для цього функцію Їордана потрібно перетворити. Можна показати, що необхідним вимогам задовольняє наступна функція:

$$f_{\varepsilon}(P) = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2\Delta P}(P - P_{\text{ном}})\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon \sin^2\left(\frac{\pi}{2\Delta P}(P - P_{\text{ном}})\right)}}, \quad (10)$$

де поле допуску задається в одиницях вимірювання параметра або

$$f_{\varepsilon}(P) = \frac{\cos\left(\frac{50\pi}{P_{\text{ном}}\Delta P}(P - P_{\text{ном}})\right)}{\sqrt{1 + \sin^2\varepsilon\left(\frac{50\pi}{P_{\text{ном}}\Delta P}(P - P_{\text{ном}})\right)}}, \quad (11)$$

де поле допуску задається у відсотках.

Вибір показника якості  $\varepsilon$  залежить від жорсткості вимог, що висуваються до проведення випробовувань. Після визначення узагальненого показника якості двигунам, що контролюються, можна присвоїти категорії якості. Категорії якості присвоюються в залежності від коефіцієнта рівня якості і лімітуючих показників [3]: вища категорія при  $W \geq 0,9$ ; перша категорія при  $0,95 > W \geq 0$ ; друга категорія при  $W < 0$ .

Таким чином, в статті запропонована ієрархічна модель асинхронних двигунів при випробовуваннях, в яку входять узагальнений, комплексні показники якості та показники якості основних параметрів. Визначено єдині правила формування показників якості, на основі яких синтезовано функцію якості. Показники якості основних параметрів запропоновано визначати за допомогою модифікованої функції Їордана. Запропонована методика оцінки якості асинхронних двигунів дозволяє суттєво підвищити загальну якість контролю та оцінку якості двигунів, проводити їх сортування за категоріями якості, прогнозувати вплив технологічного процесу на якість виготовлення двигунів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Евланов Л. Г. Контроль динамических систем. — М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. — 432 с.



2. Лопухина Е. М., Семенчуков Г. А. Проектирование асинхронных микродвигателей с применением ЭВМ. — М.: Высш. школа, 1980. — 359 с.
3. Жуков Н. А., Игнатович В. М., Муравлев О. П. Управление качеством при изготовлении асинхронных двигателей // Стандарты и качество. — 1977. — №1. — С. 3—12.
4. Земельман И. А. О классификации погрешностей измерений // Измерительная техника. — 1985. — № 6. — С. 3—5.

УДК 658.012.011.56:681.324

## ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АСУ

Г. Г. Грабовский, канд. техн. наук

В последнее десятилетие происходит интенсивное развитие интегрированных систем управления, обеспечивающих тесные функциональные взаимосвязи различных уровней управления производственными и технологическими процессами. До недавнего времени интенсивность применений ИАСУ сдерживалась, в частности, следующими причинами:

- затраты производства были не столь велики, что допускало изготовление продукции малыми сериями и связанные с этим многократные проектные разработки;
- производство было достаточно обозримым (маловариантность);
- ресурсы не представляли очевидную проблему;
- логистика была достаточно простой;
- допускались более значительные колебания качества продукции;
- нагрузка на окружающую среду была не столь значительной;
- интеграция отдельных участков производства была нереализуема или требовала больших затрат;
- отрицательный опыт реализации комплексных систем с недостаточной степенью стандартизации.

Многие из перечисленных препятствий в настоящее время практически устранены. Ряд факторов, в том числе международные руководящие указания по проектированию GMP (Good Manufacturing Practice), коренным образом изменили ситуацию.

Различные отрасли промышленности, в том числе металлургическое и прокатное производство, стали все больше уделять внимания комплексной компьютерной поддержке производства, опираясь на систему СІР (Computer Integrated Production).

Возможности эффективного технического сопряжения отдельных функциональных подсистем в единую модель управляющего комплекса, соответствующую современным тенденциям, обеспечиваются следующими тремя взаимно интегрированными составляющими:

- системой планирования производственных ресурсов предприятия или цеха (*ERP — Enterprise Resource Planning*);
- системой управления производством (*MES — Manufacturing Execution Systems*);
- открытой системой управления технологическими процессами (*OCS — Open Control Systems*)

### Модель компьютерного управления

На рис. 1 показана упрощенная модель компьютерного управления производством с зонами функциональной интеграции. *MES* является синонимом интеграции всех производственно-технических функций управления