

А.І. Корнійчук

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ОДНОРЕЖИМНОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ ЛІНІЄЮ

В роботі вперше розроблена узагальнена модель управління одnoreжимною технологічною лінією. Ця модель розглядає лінію як один механізм, що дозволяє розробляти моделі взаємодії її з іншими технологічними лініями. Введення узагальненої моделі технологічної лінії значно спрощує процес управління окремими механізмами. Для механізмів першої групи рівняння управління не залежать від типу технологічного процесу. Для механізмів другої групи лише невелика частина цих рівнянь визначаються конкретним технологічним процесом, а решта – від нього не залежать.

Технологічна лінія – це кінцева множина механізмів, призначених для виконання певного технологічного процесу. Технологічна лінія може складатися з окремих механізмів, агрегатів та вузлів.

Агрегатом будемо вважати кінцеву множину механізмів, що компактно змонтовані на єдиній конструктивній основі (станині) для виконання певних технологічних операцій.

Вузлом будемо вважати деяку кількість механізмів, що не мають єдиної конструктивної основи, для виконання певних технологічних операцій.

Агрегати та вузли розподіляють лінію на ділянки, які будемо називати гілками лінії.

У загальному випадку лінія може мати декілька вхідних гілок, по яких на неї надходить технологічний матеріал, декілька вихідних гілок, з яких видається готова (для лінії) продукція, і внутрішні гілки, на яких здійснюється переробка технологічного матеріалу.

Гілки лінії задають їй певну конфігурацію. Якщо в технологічному процесі беруть участь всі гілки, то таку лінію можна назвати одnoreжимною. Одnoreжимна лінія – це лінія постійної конфігурації.

Управління окремими механізмами лінії утворює нижній рівень управління (назвемо його рівнем 1). Але цього замало, тому що лінія має наступні режими роботи:

1. Режим пуску лінії.
2. Режим виконання технологічного процесу – нормальний або алгоритмічний режим роботи.
3. Режим зупинки лінії.

Пуск механізмів лінії проводиться в певній послідовності, яка залежить від типу технологічного процесу та потужності механізмів. Найчастіше механізми лінії включаються послідовно, починаючи з останнього механізму і закінчуючи першим. При такому пуску механізми встигають приготуватися до прийому технологічного матеріалу, тому що включення механізмів під навантаженням небажано. Крім того, послідовне включення механізмів забезпечує невеликі зміни напруги в мережі, що позитивно впливає на стан привода. Механізми в різних гілках можуть включатися паралельно.

Часова затримка між включенням механізмів залежить від ступеня їх запуску (легкий запуск – до 2 сек; середній запуск – до 7 сек; важкий запуск – до 15 сек).

Зупинка лінії може бути здійснена з двох причин:

- 1) відсутність необхідності в роботі лінії чи відсутність матеріалів або енергії – технологічна зупинка;
- 2) неможливість виконання технологічного процесу через пошкодження якогось з механізмів – аварійна або екстрена зупинка.

Технологічна зупинка може бути виконана декількома способами, але найбільш доцільним з них є такий:

- виключається перший механізм лінії. Цим самим припиняється подача технологічного матеріалу на лінію;
- виключається останній механізм лінії через певний час після виключення першого. Цей проміжок часу повинен бути таким, щоб лінія встигла звільнитися від технологічного матеріалу;
- виключення останнього механізму лінії виключає передостанній і т. д. в тому ж порядку, в якому вони включалися.

Така зупинка називається зупинкою з доробкою.

При екстремній зупинці пошкоджений механізм виключається своєю контрольною частиною математичної моделі управління (ММу) або оператором. Механізми, які в лінії стоять до нього,

повинні бути зупинені, тоді як механізми, що стоять в лінії після нього, можуть працювати до моменту звільнення від технологічного матеріалу.

Управління механізмами при нормальному режимі роботи лінії здійснюється на нижньому рівні. Логіка взаємодії механізмів у цьому режимі суттєво відрізняється від логіки взаємодії в режимах пуску та зупинки. Крім того, може виникнути потреба організації взаємодії декількох технологічних ліній.

Врахувати всі можливі взаємозв'язки механізмів на нижньому рівні управління важко тому, що, по-перше, це значно ускладнює ММу механізмів, а, по-друге, тому, що це можливо зробити лише для кожного конкретного випадку. У загальному вигляді таку задачу таким способом вирішити неможливо.

Більш доцільно розробити узагальнену модель технологічної лінії. Цю модель, як і для звичайного механізму, представимо у вигляді контрольної та управляючої частин. Контрольна частина включає контроль статичних та динамічних параметрів [1, 2, 3].

Очевидно, що динамічні параметри лінії відповідають нормі, якщо відповідають нормі динамічні параметри всіх її механізмів, тобто якщо включені контрольні тригери всіх її механізмів:

$$L(TK) = 1TK \cdot 2TK \cdots nTK. \quad (1)$$

Статичні параметри лінії відповідають нормі, якщо відповідають нормі статичні параметри всіх її механізмів:

$$L(S) = 1S \cdot 2S \cdots nS. \quad (2)$$

Якщо вплив статичних параметрів різних механізмів не однозначний (необхідні різні часові затримки), то їх можна розбити на групи $L(1S)$, $L(2S)$ і т. д. згідно з [1, 2].

Управляюча частина ММу лінії повинна мати кнопки "ПУСК", "СТОП" та диспетчерський ключ, який визначає автоматичний або ручний режим управління.

Управляюча частина ММу лінії буде складатися з наступної системи рівнянь:

$$\begin{aligned} (S1) \quad & L(TY)_S = SA_{i-j} \cdot LSb2 \cdot L(TK) \cdot L(S), \\ (R1) \quad & L(TY)_R = \overline{L(TK)}, \\ (R2) \quad & L(TY)_R = \overline{L(S)} \rightarrow t(s) \rightarrow, \\ (R3) \quad & L(TY)_R = LSb1, \\ (R4) \quad & L(TY)_R = \overline{SA_{i-j}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Тригер $L(TY)$ може бути включений (рівняння S1) пусковою кнопкою LSb2, якщо положення диспетчерського ключа відповідає автоматичному режиму управління і якщо відповідають нормі динамічні та статичні параметри лінії.

Тригер $L(TY)$ виключається при порушенні динамічних (рівняння R1) або статичних (рівняння R2) параметрів. Виключити $L(TY)$ можна стоповою кнопкою LSb1 (рівняння R3) або диспетчерським ключем (рівняння R4).

Управляюча частина ММу однорежимної лінії співпадає з ММу механізму безперервного руху [1, 2]. Тому її можна назвати узагальненим або умовним механізмом.

Алгоритми управління механізмами при пуску лінії, при нормальному режимі її роботи та при зупинці суттєво різняться. Тому система управління повинна вміти розрізняти ці режими. Це можна зробити за допомогою тригера (тригерної змінної), який включається командою пуску лінії з затримкою на час її пуску, а виключається інверсним значенням цієї команди з затримкою на час зупинки лінії:

$$\begin{aligned} (S1) \quad & T_S = L(TY) \rightarrow t(n), \\ (R1) \quad & T_R = \overline{L(TY)} \rightarrow t(3n). \end{aligned} \quad (4)$$

Тоді комбінації змінних $L(TY)$ та T означають:

$$\begin{aligned} \overline{T \cdot L(TY)} & - \text{лінія не працює;} \\ \overline{T} \cdot L(TY) & - \text{режим пуску лінії;} \\ T \cdot L(TY) & - \text{нормальний режим роботи лінії;} \\ T \cdot \overline{L(TY)} & - \text{режим зупинки лінії.} \end{aligned}$$

Використання комбінацій цих змінних дозволяє управляти одним і тим же механізмом в різних режимах роботи лінії.

Механізми лінії за характером роботи розподіляються на три групи:

1. Механізми, які включаються разом з лінією і працюють безперервно протягом всього технологічного процесу.

2. Механізми, які включаються разом з лінією, але по ходу технологічного процесу можуть періодично виключатися та включатися.

3. Механізми, які не включаються разом з лінією, але по ходу технологічного процесу можуть періодично включатися та виключатися. З цієї точки зору вони не є механізмами лінії.

Якщо останній механізм лінії належить до першої групи, то управляюча частина його ММу має вигляд:

$$\begin{aligned} pTY_{S1} &= L(TY), \\ pTY_{R1} &= \overline{pTK}, \\ pTY_{R2} &= \overline{pS} \rightarrow t(s) \rightarrow, \\ pTY_{R3} &= \overline{L(TY)} \cdot SA_{i-j} \rightarrow t(3n). \end{aligned} \tag{5}$$

В цій моделі не показані рівняння ручного управління, тому що це залежить від того, яка операторська змінна застосовується для такого управління. В рівнянні S1 немає статичних та динамічних параметрів, тому що вони входять до L(TY). Виключення механізму здійснюється із затримкою $t(3n)$, яка дорівнює часу, необхідному для сходу матеріалу з усіх механізмів лінії.

Диспетчерський ключ введено в рівняння R3, щоб воно не заважало в ручному режимі.

Особливість такого механізму полягає в тому, що алгоритм управління ним не залежить від виду технологічного процесу і рівняння (5) є рівнянням всіх останніх механізмів цього типу будь-яких технологічних ліній.

Якщо останній механізм лінії належить до другої групи, то управляюча частина його ММу має вигляд:

$$\begin{aligned} pTY_{S1} &= \dots T_i \cdot L(TY), \\ pTY_{S2} &= \overline{T_i} \cdot L(TY), \\ pTY_{R1} &= \overline{pTK}, \\ pTY_{R2} &= \overline{pS} \rightarrow t(s) \rightarrow, \\ pTY_{R3} &= T_i \cdot L(TY), \\ pTY_{R4} &= T_i \cdot \overline{L(TY)}. \end{aligned} \tag{6}$$

Рівняння S1 та R3 управляють роботою механізму в нормальному режимі. Крапками залишено місце для тих змінних, які визначають роботу механізму в цьому режимі. Рівняння S2 включає механізм під час пуску лінії, а рівняння R4 виключає його при її зупинці.

В цій моделі є лише два рівняння, які необхідно дозаповнити в конкретному технологічному процесі. Вигляд решти рівнянь можна використовувати в будь-якому технологічному процесі.

Проміжний механізм включається та виключається від механізму, що стоїть в лінії після нього. Якщо цей механізм належить до першої групи, то управляюча частина його ММу має вигляд:

$$\begin{aligned} iTY_{S1} &= L(TY) \cdot (i+1)TY \rightarrow t(i+1) \rightarrow, \\ iTY_{R1} &= \overline{iTK}, \\ iTY_{R2} &= \overline{iS} \rightarrow t(s) \rightarrow, \\ iTY_{R3} &= T_i \cdot \overline{L(TY)} \cdot (i+1)TY. \end{aligned} \tag{7}$$

При включенні лінії механізм буде включено тоді, коли включається попередній механізм із затримкою часу $t(i+1)$, яка дорівнює часу виходу цього механізму на режим. Величина цієї затримки залежить від ступеня пуску механізму, який можна визначити за його технічним паспортом. Виключається механізм від того, що виключається попередній, але лише в режимі зупинки лінії.

Вигляд моделі управління таким механізмом не залежить від типу технологічного процесу.

Якщо проміжний механізм належить до другої групи, то його модель управління має вигляд:

$$\begin{aligned} iTY_{S1} &= \overline{T_i} \cdot L(TY) \cdot (i+1)TY \rightarrow t(i+1), \\ iTY_{S2} &= \dots T_i \cdot L(TY) \rightarrow t(i) \rightarrow, \\ iTY_{R1} &= \overline{iTK}, \\ iTY_{R2} &= \overline{iS} \rightarrow t(s) \rightarrow, \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} iTY_{R3} &= T_i \cdot \overline{L(TY)} \cdot \overline{(i+1)TY} \rightarrow t(i+1) \rightarrow, \\ iTY_{R4} &= T_i \cdot L(TY) \dots \rightarrow t(i). \end{aligned}$$

Механізм включається ривнянням S1 в режимі пуску лінії від того, що включається попередній механізм. В режимі зупинки лінії він зупиняється ривнянням R3 від того, що попередній механізм зупинився. Ривняння S2 та R4 управляють механізмом в нормальному режимі роботи лінії.

Якщо перший механізм лінії належить до першої групи, то його модель має вигляд:

$$\begin{aligned} 1TY_{S1} &= L(TY) \cdot 2TY \rightarrow t(2) \leftarrow, \\ 1TY_{R1} &= \overline{1TK}, \\ 1TY_{R2} &= \overline{1S} \rightarrow t(s) \rightarrow, \\ 1TY_{R3} &= \overline{L(TY)} \cdot SA_{i-j}. \end{aligned} \tag{9}$$

Механізм включається від включення механізму M2 з затримкою $t(2)$ виходу останнього на режим, а виключається при виключенні лінії, згідно з алгоритмом зупинки лінії.

Вигляд моделі управління такого механізму не залежить від типу технологічного процесу.

Якщо перший механізм лінії належить до другої групи, то його модель управління має вигляд:

$$\begin{aligned} 1TY_{S1} &= \overline{T_i} \cdot L(TY) \cdot 2TY \rightarrow t(2) \rightarrow, \\ 1TY_{S2} &= \dots T_i \cdot L(TY) \rightarrow t(1) \rightarrow, \\ 1TY_{R1} &= \overline{1TK}, \\ 1TY_{R2} &= \overline{1S} \rightarrow t(s) \rightarrow, \\ 1TY_{R3} &= T_i \cdot \overline{L(TY)}, \\ 1TY_{R4} &= T_i \cdot L(TY) \dots \end{aligned} \tag{10}$$

В цій моделі необхідно дозаповнити лише два ривняння, вигляд яких залежить від конкретного технологічного процесу.

При аварійній зупинці мають місце два паралельних процеси. З одного боку, виключається $L(TY)$, яка виключає перший механізм лінії, а через час $t(зп)$ – останній. З іншого боку, включення i -го механізму викликає зупинку $(i-1)$ -го і т. д.

Таким чином, при аварійній зупинці i -го механізму зупиняються механізми, які стоять в лінії до нього. Решта механізмів працює в режимі технологічної доробки.

Введення в контур управління узагальненої моделі однорежимної лінії вимагає вирішення додатково лише 9-ти ривнянь (на фоні декількох сот ривнянь всіх механізмів лінії). При цьому досить просто реалізуються алгоритми пуску та зупинки механізмів лінії.

Узагальнена модель розглядає технологічну лінію як один (хоч і умовний) механізм. Це дозволяє вирішувати питання про взаємодію декількох технологічних ліній і створення ще більш високих рівнів опису об'єктів управління в межах цеху і навіть заводу.

Вирішення цієї задачі без $L(TY)$, тільки за рахунок взаємного блокування механізмів, досить складне і в загальному випадку неможливе.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Корнійчук А.І. Методика складання ривнянь управління логічних об'єктів. – Житомир: ЖІТІ, 1996. – 196 ст.
2. Корнійчук А.І. Базова математична модель управління механізмом безперервного руху // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту, 1996. – № 4. – С. 153–156.
3. Корнійчук А.І. Базова математична модель управління крокового механізму // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту, 1997. – № 5. – С. 148–150.

КОРНІЙЧУК Анатолій Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри “Автоматика та управління в технічних та організаційних системах” Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічних процесів у промисловості.