

**АЛГОРИТМИ І ПІДПРОГРАМИ МОДЕЛЮВАННЯ
ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ
ПРИВОДІВ НАМОТУВАЛЬНИХ ВУЗЛІВ**

В статті запропоновані алгоритми і підпрограми моделювання елементів приводів намотувальних вузлів та шляхи удосконалення робочих програм.

In the article the offered algorithms of the program of design of elements of occasions of windings knots and ways of improvement of executable codes.

1. ВСТУП

Сучасні рулонні друкарські машини для забезпечення якісних показників намотування бобін у всьому діапазоні роботи машини, оснащуються незалежними автоматизованими приводами намотування рулонів і бобін. Тому актуальною є розробка ефективних програм і алгоритмів роботи для синтезу САК намотуванням задрукованого матеріалу.

2. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ САК НАМОТКИ

Структурні схеми приводів постійного струму намотувальних вузлів рулонних ротаційних машин з індивідуальними тиристорними перетворювачами та зі стабілізованими магнітними потоками двигунів, зі спільним тиристорним перетворювачем, що живить паралельно з'єднані якорні кола двох двигунів механічно не з'єднаних намотувальних вузлів і працюють з обмеженою зміною їх магнітних потоків [1,2] та в усіх приводах, в тому числі в частотно-керованих асинхронних [2,3] використовуються інерційні задавачі і тиристорні перетворювачі. Інерційними є також фільтри і якорні кола двигунів.

Рівняння, що описує динаміку інерційних ланок в символічній формі ($d/dt = s$), має вигляд: $y(t) = W_A(s) \cdot x(t) = x(t) \cdot k / (T_1 s + 1)$, де $W_A(s)$ – передавальна функція інерційної (аперіодичної) ланки; k і T_1 – коефіцієнт передачі і стала часу ланки; $x(t)$ і $y(t)$ – формальні вхідна і вихідна величини ланки.

¹Українська академія друкарства

Алгоритм числового визначення $y(t_i) = y_i$ наступний:

$y_i = y_{i-1} + (x_i - y_{i-1} / k)kH / T_1$, де H – крок інтегрування [4].

Підпрограма моделювання інерційної ланки, написана мовою TURBO – PASCAL:

```
Procedure SAR3 (x,T1,k,H: real; var y:real);
```

```
begin y:=y+(x-y/k)*k*H/T1; end;
```

де SAR3 – ім'я підпрограми ланки.

Використовуються в схемах привода намотувальних вузлів інтегруючі регулятори, а також двигуни з вхідними якорними струмами I_j при сталих магнітних Φ_D , або з вхідними електромагнітними моментами M_E і моментами опору та вихідними частотами обертання ω_D :

$$\omega_D(t) = 1 / (J_s s) C_{MN} (I_j(t) - I_{оп}(t)) = 1 / (J_s s) \cdot (M_E(t) - M_{оп}(t)),$$

де $M_{оп}$ і $I_{оп}$ – момент опору і пропорційний йому струм; $C_{MN} = k_m \Phi_{DN}$; k_m – конструктивний коефіцієнт двигуна постійного струму; J_s – сумарний приведений до валу момент інерції двигуна, передачі і механізму. За інтегруючим законом обчислюються також при моделюванні радіуси бобін. Формально вихідна величина інтегруючої ланки дорівнює: $y_i = y_{i-1} + H / T_1 x_i$, а її підпрограма моделювання з обмеженням вихідної величини до y_{max} :

```
Procedure SAR2 (x,T1, H, ymax: real; var y:real); begin
```

```
y:=y+x*H/T1; if abs (y>ymax) then y:=ymax*sign(y); end;
```

За пропорційно – інтегруючим законом функціонують в приводах намотувальних вузлів регулятори струмів двигунів, лінійних швидкостей руху і сил натягу стрічок. Підпрограма моделювання ПІ-ланки має вигляд:

```
Procedure SAR4 (x, T1, T2, H, ymax: real; var y1, y:real); begin
```

```
y1:=y1+x*H/T1;
```

```
if abs (y1>ymax) then y1:=ymax*sign(y1); y:=y1+x*T2/T1;
```

```
if abs(y) > ymax then y:=ymax*sign(y);end;
```

де $T_2 = k * T_1$ в передавальній функції ПІ – ланки $W_{PI}(s) = k + 1 / (T_1 s) = (T_2 s + 1) / (T_1 s)$.

При потребі в підпрограмах ланок можуть бути використані більш точні методи інтегрування (трапецій, Рунге – Кута, а також неявні методи інтегрування зі змінним кроком H). Для обмеження величини, в тому числі вихідних напруг ПІ – регуляторів V_b (моделюється оператором присвоєння) використовується підпрограма SAR17:

```
Procedure SAR17 (x, ymax: real; var y:real); begin y:=x;
```

```
if abs (y)>ymax then y:=ymax*sign(x);end;
```

А для визначення знаку сил або моментів опору в залежності від напрямку руху механізму – підпрограма SAR14:

```
Procedure SAR14 (x, ymax: real; var y:real);
```

```
begin y:=ymax*sign(x); end;
```

При виклику підпрограм ланок (за іменем SARxx) формальні параметри x , y , y_1 , коефіцієнти k , сталі часу T_i і крок інтегрування H замінюються в списках підпрограм фактичними іменами (ідентифікаторами) вхідних і вихідних величин ланок та їх параметрів (або їх значеннями). Вхідна величина ланки може бути сумою декількох величин, наприклад, алгебраїчною сумою напруг завдання і зворотніх зв'язків.

В основних програмах моделювання приводів намотувальних вузлів, необхідно описувати: мітки (label), сталі (const) параметри (імена та їх значення); імена змінних (var) параметрів і підпрограми типових ланок САР. У виконуючій частині програм потрібно присвоювати початкові значення змінним параметрам, а операторами виклику вводити в дію підпрограми ланок САР зі списками фактичних параметрів. Підпрограми викликаються для обчислень вихідних величин всіх елементів, починаючи з задавачів до намотувальних вузлів включно. В приводах зі спільними якорними перетворювачами та з регулюванням магнітних потоків двигунів, спочатку (до пуску і розгону) формуються номінальні величини магнітних потоків, а в процесі намотування стрічок магнітні потоки змінюються в кожному такті повторення програми з метою стабілізації сил натягу і швидкості руху стрічок двох намотувальних вузлів. Циклічне повторення розрахунків вихідних величин всіх елементів через інтервал часу H завершується після досягнення радіусів бобін їх максимальних значень R_{vmax} з контролем біжучого часу $T:=T+1$.

Вивід результатів розрахунку основних координат (напруг і струмів якорних обмоток, магнітних потоків, частот обертання і електромагнітних моментів двигунів, а також швидкостей руху, сил натягу стрічок і радіусів бобін) необхідно здійснювати через nH циклів, а також в графічній формі часових характеристик. Адаптація параметрів регуляторів лінійних швидкостей руху стрічок відбувається шляхом обчислення в кожному або декілька тактів значень радіусів бобін і моментів інерції.

Змінюючи епізодично параметри стрічок (k_c і T_c) стрічок, можна досліджувати вплив їх нестабільності на якість регулювання (без адаптації і з адаптацією параметрів регуляторів сил натягу стрічок), а задаючи різні значення коефіцієнтів щільності намотування стрічок досліджувати син-

хронізацію руху і точність вирівнювання сил натягу. При моделюванні приводів за системою ТП-Д, вплив нестабільності опорів обмоток збудження і реакції якорів на величину магнітних потоків двигунів необхідно компенсувати додатковою системою регулювання. Температурну нестабільність опорів обмоток двигунів доцільно врахувати при розрахунках параметрів регуляторів струмів якорів і струмів збудження. Впливи інших дестабілізуючих факторів на динамічні характеристики приводів, зокрема нестабільності напруги живлення тиристорних перетворювачів, можуть бути досліджені шляхом доповнень програм моделювання додатковими операторами або зміною коефіцієнтів передач перетворювачів.

Для прикладу на рис. 1 наведена структурна схема цифрової системи керування намотувальним вузлом рулонної ротаційної машини.

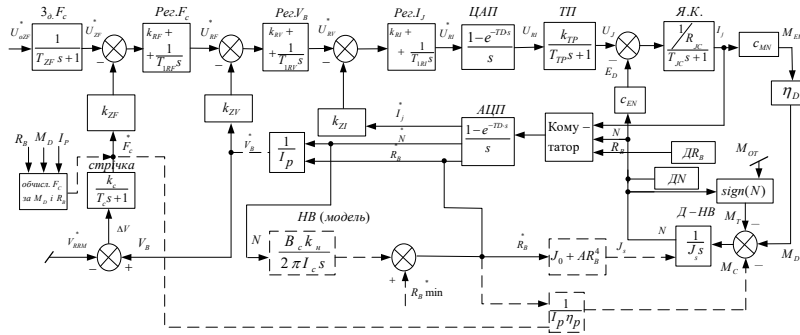


Рис.1. Структурна схема цифрової системи керування намотувальним вузлом рулонної ротаційної машини зі стабілізованим магнітним потоком двигуна

Методом структурного моделювання намотувальних вузлів і їх приводів за створенною програмою, фрагмент якої представлений нижче:

```

function sign(x:real):real;
begin sign:=0; if x>0 then sign:=1; if x<0 then sign:=-1;end;
procedure SAR2(x,T1,h,Ymax:real;var y:real);
begin y:=y+x*h/T1; if abs(y)>Ymax then y:=Ymax*sign(y); end;
procedure SAR3(x,T1,k,h:real;var y:real);
begin y:=y+(x-y/k)*k*h/T1; end;
procedure SAR4(x,T1,T2,h,Ymax:real;Var y1,y:real);
begin y1:=y1+x*h/T1;
if abs(y1)>Ymax then y1:=Ymax*sign(y1); y:=y1+x*T2/T1;
if abs(y)>Ymax then y:=Ymax*sign(y); end;
procedure SAR14(x,Ymax:real;var y:real);
begin y:=Ymax*sign(x); end;
procedure SAR17(x,Ymax:real;Var y:real);
begin y:=x; if abs(y)>Ymax then y:=Ymax*sign(x); end;
3: SAR3(10,Tz*1.1,1,hi,Vrrm);

```

```

SAR3(U0zf,Tz,l,hi,Uzf);
SAR3(Vb-Vrrm,Tc,Kc,hi,Fc); Fcmod:=Fc;
SAR4(Uzf-Kzf*Fc,T1rf,T2rf,hi,Urmax,U1rf,Urf);
SAR4(Urf-Kzv*Vb,T1rv/Kkrv,T2rv,hi,Urmax,U1rv,Urv);
SAR4(Urv-Kzi*Ij,T1ri,T2ri,hi,Urmax,U1ri,Uri);
SAR3(Uri,Ttp,Ktp,hi,Uj);SAR3(Uj-Cen*N,Tjc,l/Rjc,hi,Ij);
SAR14(N,M0t,Mt);
SAR2(Cmn*Ij-Mt-Fc*sign(N)*Rb/Ip,Js,hi,Nmax,N);
SAR2(N,2*pi*Ip/(Bc*Kn),hi,Drbmax,Drb);
Rb:=Rbmin+Drb; Js:=J0+A*sqr(sqr(Rb));
Mc:=Fc*Rb/Ip; t:=t+hi;
If Rb<Rbmax then goto 3.

```

досліджувались процеси намотування стрічок одного намотувального вузла з двигуном потужністю 1,1 кВт, робочій швидкості руху 2,5 м/с і силі натягу стрічки 50 Н (рис.2).

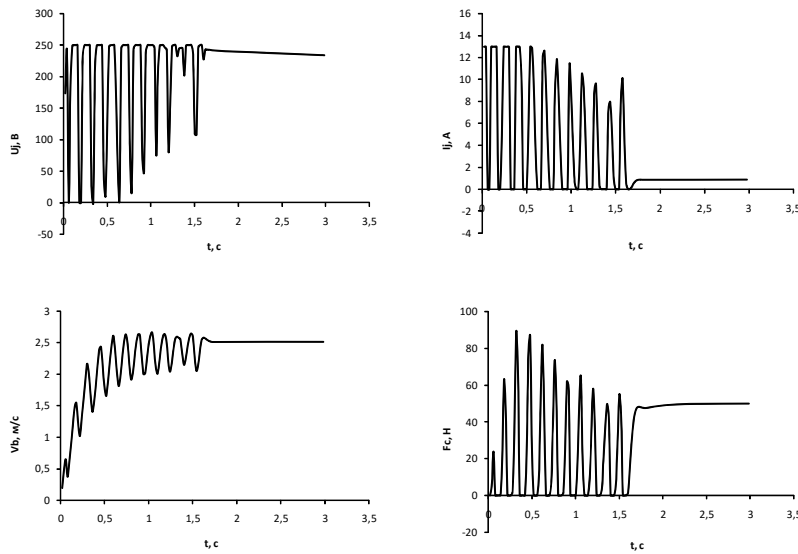


Рис. 2. Часові характеристики координат намотувального вузла

3. ВИСНОВКИ

Розроблені підпрограми дозволяють проводити моделювання САК намотуванням в широкому діапазоні робочих швидкостей машини і визначати показники якості процесу регулювання.

1. Сорочинський О.М. Оптимізація систем керування намотувальними вузлами рулонних ротаційних машин / О. М. Сорочинський, Б. В. Дурняк, І. Т. Стрепко // Зб. наук. ПІМС НАН України. – Київ, 2003. – № 21. – С. 189-201.

2. Дурняк Б. В. Способи реалізації оптимізованих систем керування електроприводами намотувальних вузлів рулонних ротаційних машин / Б. В. Дурняк, О. М. Сорочинський, І. А. Забрамна // Наук.-техн. зб. «Наукові записки» – Львів : УАД, 2006. – № 9. – С. 56–70.

3. Дурняк Б. В. Модель частотно-регульованого асинхронного привода намотувального вузла рулонної ротаційної машини / Б. В. Дурняк, О. М. Сорочинський. // Тези доп. XXVI наук.-техн. конференції «Моделювання» – Київ, 2007. – С. 77–78.

4. Стрепко І. Метод цифрового структурного моделювання електромеханічних систем [текст] / І. Стрепко, І. Забрамний. // Зб. наук. пр. «Комп'ютерні технології друкарства», № 8 – Львів : УАД, 2002. – С. 16-23.