

УДК 681.5.017

Б. В. Дурняк, А. А. Забрамний, О. М. Сорочинський, Т. О. Яремків

Українська академія друкарства

**МОДЕЛЮВАННЯ І СПОСОБИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ СМУГОРОЗМОТУВАЛЬНИХ
І СТРІЧКОНАМОТУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ
ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН**

Узагальнюються основні результати синтезу і цифрового структурного моделювання електроприводів постійного струму за системами TP-D з цифровими регулювальними засобами механізмів, що розмотують смуги з рулонів і намотують стрічки в бобіни в ротаційних та інших поліграфічних машинах. Програми моделювання пропонуються транслювати і використовувати для керуючих ЕОМ діючими електроприводами механізмів поліграфічних машин, а також лабораторними електроприводами, які імітують гальмівні режими і моменти опору. Наводиться структурна схема навантажувального привода потужністю 4 кВт, окреслюються задачі і способи експериментального визначення моментів і сил опору розмотуванню рулонів, досліджується їх розгін.

Системи цифрового керування, цифрове структурне моделювання, аналіз, синтез

У 2000–2011 роках нами розроблено функціональні і структурні схеми нових високоточних систем цифрового керування (СЦК) рухом смугорозмотувальних (СМ) і стрічконамотувальних (НМ) з бобінами механізмів рулонних ротаційних (РРМ) та інших поліграфічних машин [1–4]. У цих СЦК застосовано цифрові задавачі і PI-регулятори сил натягу F_c і швидкостей руху V_c смуг і стрічок та струмів ID двигунів постійного або змінного струму СМ, рулону і НМ. Обґрунтовано номінальні потужності PDN і частоти обертання ω_{DN} двигунів, передаточні числа редукторів та закони функціонування і параметри регуляторів. Рух СМ і рулонів та НМ з їх приводами досліджувалися методом цифрового структурного моделювання в періоди розгону і розмотування смуг і намотування стрічок з усталеними $V_c = 5$ і 10 м/с та із заданими FCZ величиною 200 Н (смуг) і 50 Н (стрічок). Миттєві радіуси рулонів і бобін та їх моменти інерції JR і JB обчислювалися за ω_D , а середня сила натягу $F_c(t)$ розмотуваної смуги визначалася за різницею швидкостей її руху $\Delta V_c(t)$ на периферії циліндра СМ $VM(t)$ і рулону $VR(t)$, а намотуваних стрічок — за $VB(t)$ і $VMж$ на периферії бобін і циліндра стрічкоживильної секції. Номінальна (базова) ΔV_{CN} приймалася для моделювання величиною 0,05 м/с при $VMN = 10$ і $VR = 9,95$ м/с та при $VB = 10$ і $VMж = 9,95$ м/с. Враховувалося, що $\Delta V_c(t)$, яку необхідно стабілізувати, дорівнює $\Delta V_{CN} * VC(t) / V_{CN}$.

Для ефективного регулювання $F_c(t)$ розроблено й використано алгоритми і підпрограму з іменем WTRATD, які визначали миттєві FR, FB, FCM і

F_c за моментами двигунів MD на їх валах з урахуванням втрат потужностей у двигунах і редукторах та динамічних моментів $M_{дин} = d(J_{SM} * \frac{\omega_{DM}^2}{2}) / dt$.

Моделюванням за допомогою розроблених мовою TURBO PASCAL програм підтверджені прийнятна похибка стабілізації ($\pm 0,5\%$) швидкостей руху смуг і стрічок, стійкість і швидкодія електроприводів із СЦК. Тому розроблені підпрограми, що реалізують функції задавачів і регуляторів F_c , V_c і ID , програмні засоби, які обчислюють RR, JSR, FM, FR, VM і VR, й основні програми моделювання рекомендується використати для розроблення програм керування натурними приводами розмотувальних і намотувальних механізмів поліграфічних машин і створити вітчизняні комп'ютеризовані перетворювачі TP для живлення двигунів постійного струму. Необхідна номінальна потужність цих двигунів — не більша 5 кВт. Для керування приводами за системою TP-D потрібні лише точні давачі напруг, струмів та ωD двигунів. У моделюючих програмах ці давачі прийняті безінерційними. У керуючих програмах, подібних до моделюючих, слід передбачити програмні засоби контролю часу, необхідного для збирання, нормалізації й аналого-цифрового перетворення вхідної інформації, та часу функціонування регулюючих засобів і цифро-аналогового формування аналогових напруг керування TP. Не визначеними нате-пер є сили опору розмотуванню FOPR рулонів і сили натягу смуг та стрічок різного друкарського матеріалу. Синтезовані приводи експериментально не досліджувалися, бо багатодвигунні PPM ще не створені, а розмотувально-різальні машини обладнані асинхронними приводами. Тому актуальним є дослідження фізичних моделей приводів TP-D CM, R і HM у лабораторіях кафедри АКТ Української академії друкарства.

Параметричний синтез СЦК приводами CM, R і HM виконаний для їх руху з реально використовуваними V_c у межах 5–10 м/с, що задаються задавачами, та з наближено прийнятими $F_c = 200$ Н смуги завширшки 1 м і $F_c = 25$ і 50 Н стрічок шириною 0,25 м. Приймалися також номінальна (базова) $\Delta VCN = 0,05$ м/с, стабільність якої, а отже і $F_c(t)$, можна забезпечити регулюванням VM, VR і VB з однаковою додатною або від'ємною похибкою $\leq 0,5\%$. Однак VR і VB залежать від несталих RR і RB. Тому похибки регулювання VM, VR і VB можуть бути більшими. До того ж на точність регулювання $F_c(t)$, яка визначається за $E_0 * V_c * LR * \Delta V_c(t) / V_c(t) * (T_{cv}S + 1)$, негативно впливає стала інерції ділянки смуги або стрічки $T_{cv} = L_c / V_c(t)$, де E_0 , V_c , LR і L_c — модуль пружності паперу в Н/м², товщина, ширина і довжина смуги або стрічки в метрах, які можуть бути різними. Надійніше регулювати сили натягу на периферії циліндрів, рулонів і бобін, які визначаються підпрограмами WTRATD за моментами на валах їх двигунів.

Модуль пружності E_0 в Н/м² і допустима F_c натягу смуг і стрічок у більшості випадків невідомі і можуть бути визначені наближено лише експериментально. Силу натягу смуги слід задавати більшою за силу опору її розмотуванню FOPR, яка також невідома і в основному залежить від VR, RR, LR рулону,

Вс, щільності намотування та шорсткості смуги, тобто від багатьох факторів. Тому необхідний багатофакторний експеримент й аналіз його результатів [5]. Наближено можна визначити максимальні і мінімальні FOPR підпрограмами WTRATD при наявності миттєвих значень напруг і струмів живлення, частот обертання ωD і моментів на валах двигунів CM і R , а отже, FM і FR , у т.ч. гальмівної Fg . Для цього потрібні часові характеристики (осцилограми) $UD(t)$, $ID(t)$, $\omega D(t)$ двигунів постійного струму зі стабілізованими магнітними потоками ΦDN , а також визначені за ними $RR(t)$, $VM(t)$ і $VR(t)$ та $FM(t)$ і $FR(t)$. Простіше аналізувати часові характеристики, одержані при розмотуванні смуги з номінальними і сталими VM і VR , або в моменти, коли вона не видовжена без впливу електричного або механічного гальма, моменти і сили яких не вимірюються. Тоді FOPR може бути визначена підпрограмою WTRATD двигуна смуготягнучого механізму.

Крім FOPR рулонів, необхідно експериментально визначити сумарний момент інерції JSR привода смуготягнучого та з'єднаних з ним інших механізмів. Рух CM без смуги в режимі х.х. описується рівнянням $JSMd\omega/dt = MDM - MTM$, де MTM — момент тертя в редукторі і валах CM , а MDM — момент двигуна на його валу. Після розгону до ωDMz $MDM = MTM$ може бути визначений і підпрограмою WTRATD. Якщо двигун відключити, система $DM-CM$ гальмується за рівнянням $JSMd\omega DM/dt = -MTM$ і ωDM зменшується експоненціально до нуля. За часовою характеристикою $\omega DM(t)$ можна знайти декілька значень $\Delta\omega DM/\Delta t$ і $JSM = MTM/(\Delta\omega DM/\Delta t)$. Приймається середнє значення JCM .

Важливо дослідити ефективність основної програми моделювання з регуляторами FM і FR і без них та з регуляторами VM і VR у періоди розгону CM і R , зв'язаних смугою, коли необхідно забезпечувати $\Delta Vc(t) = \Delta VCN * VM(t)/VMN = VM(t)(1 - VRN/VMN)$, де $VM(t) = VC(t)$ — ведуча швидкість руху смуги на периферії циліндра CM . Для аналізу прийняті: $VMN = 10$ м/с, $VRN = 9,95$ м/с, $\Delta VCN = 0,05$ м/с. Отже, $VR(t)$ повинна дорівнювати $VM(t)*VRN/VMN$. Чим менші за величиною $VM(t)$, $VR(t)$ і $\Delta Vc(t)$, тим важче їх точно визначити і реалізувати.

Смуготягнучий механізм і рулон розганяються відносно повільно з великими і різними моментами інерції ($JCM \approx 25$ кгм² і $JR_{max} = 68$ кгм²). Інтенсивність розгону приводів залежить від сталих часу інерції Tz задавачів ωDM і ωDR або VM і VR , а також від коефіцієнтів зворотних зв'язків $KZID$ за ID , тобто і MD . Короткотривало допускається використовувати (3–4) IDN і (3–4) MDN при $\Phi D = \Phi DN$. Ці максимальні моменти особливо потрібні для форсованого прискорення або гальмування руху рулону залежно від $\Delta Vc(t)$ не тільки в періоди розгонів, але й при їх розмотуванні з наближено усталеними і заданими VRz і VMz . Тому змінювати $KZIDK$ недоцільно. Неefективно також сповільнювати розгін CM збільшенням TZM , бо при натягнутій смугі сумарний, приведений до валу DM , момент інерції JSM дорівнює $(JCM+JR)/IPM^2$, а при видовженій смугі $JSM = JCM/IPM$. Найліпше в період розгону синхронізувати рух рулону з $VR(t)$ методом стеження за рухом CM з $VM(t)$. Якщо $JSM_{max} > JSR_{max}$, то розгін рулону можна сповільнювати, а якщо $JSM_{max} < JSR_{max}$, то рух рулону

треба прискорювати. Після розгону VM і VR мусять бути сталими (заданими) при $\omega DMz = \text{const}$ і $\omega DR = VRz * IPR / RR = \text{var}$. Радіус рулону зменшується відносно повільно, однак привод рулону повинен швидко змінювати ωDR , і цьому сприяють СПП з PI-регуляторами VR і IDR та двигун з $PDN \approx 4$ кВт. Редуктор привода рулону слід приймати з $IPR = 1,5$, і тоді при $\omega DRN = 314$ 1/с $\omega Rmax = 314 / 1,5 = 209$ 1/с при необхідній $\omega Rmax = VRN / RRmin = 200$ 1/с, а $JSRmax \approx 30,5$ кгм². Якщо $IPM = 1,75$ $JSMmax = JSRmax = 30,5$ кгм², що вигідно для синхронізації руху CM і R при їх розгонах з $RRmax = 0,5$ м. Однак після розгонів $RR = \text{var}$ і $JSR = \text{var}$. Тому доцільно приймати $IPM = 3$.

Указані вище параметри двигунів і редукторів необхідно враховувати при створенні приводів CM і R і їх фізичних моделей. На тих моделях можна відлагодити керуючі програми в лабораторних умовах.

Основну програму моделювання приводів CM і R за системами TP-D з ФDN, яка описана в [3, 4], планується використати для створення програми мовою асемблер керуючої мікро-ЕОМ двома приводами.

Структура й елементи СЦК CM і R подібні, і вихідні напруги задавачів, регуляторів і TP, ID, MD і ωD двигунів, Fc , FM і FR та VC, VM, VR і ΔVc смуги визначаються за аналогічними формулами й алгоритмами. Це сприяє синхронному моделюванню інформаційних і регулювальних засобів СЦК двома приводами. Час, необхідний для визначення миттєвих вихідних величин задавачів, регуляторів, TP і регульованих координат двигунів (ID, MD, ωD) та RR, JSR, JSM, VM, VR, ΔVC , FM і FR, при цифровому структурному моделюванні не враховувався. У програмі передбачене визначення часу розгону CM і R до VMz і VRz і розмотуванню рулону до $RRmin$ оператором $T := T + HT$. Час HT слід вибирати меншим за сталу часу інерції найменш інерційного елемента СЦК (у межах 0,001–0,0001 с). У реальних приводах CM і R найменш інерційним є TP з $TTP = 0,005–0,01$ с. Більш інерційними є якірні кола TP-D з TJC і двигуни CM і R з $TI = 1 / JSR$ і $1 / JSM$, де $JSR = \text{var}$ (у межах (30–1) кгм² при $IPR = 1,5$; а при $IPM = 1,5$ $JSM = (JCM + JR * f1(\Delta Vc) / IPM^2)$ також нестабільний і може дорівнювати 41 кгм² при $JRmax = 68$ кгм²). При таких великих JSM і JSR треба вибирати регулятори VM і VR з $Tlmin < 0,001$ с, приймати $HT < Tlmin$ та адаптувати регулятори до $JSR = \text{var}$, і до $Rr = \text{var}$.

Цифровим моделюванням доцільно порівнювати ефективність СЦК з використанням спільної й індивідуальних програм та ЕОМ. Індивідуальні програми простіші, з наближено вдвічі меншою кількістю операторів, однак їх дію слід синхронізувати.

Для апробації розроблених програм цифрового керування необхідні електроприводи постійного струму за системами TP-D з ФDN = const потужністю 2,5–5 кВт. Такі вітчизняні приводи серій ET3, ET6 і ЕПУ з некомп'ютеризованими TP й аналоговими давачами, задавачами і регуляторами UD, ID і ωD використовуються і тепер у різних машинах і механізмах. Давачі ωD (тахогенератори) потрібно замінити магнітоімпульсними з 60 імпульсами за оберт. Напруги задавачів підлягають нормалізації й аналого-цифровому перетворенню за допомогою АЦП з комутатором КФ на його вході. Функції задавачів і

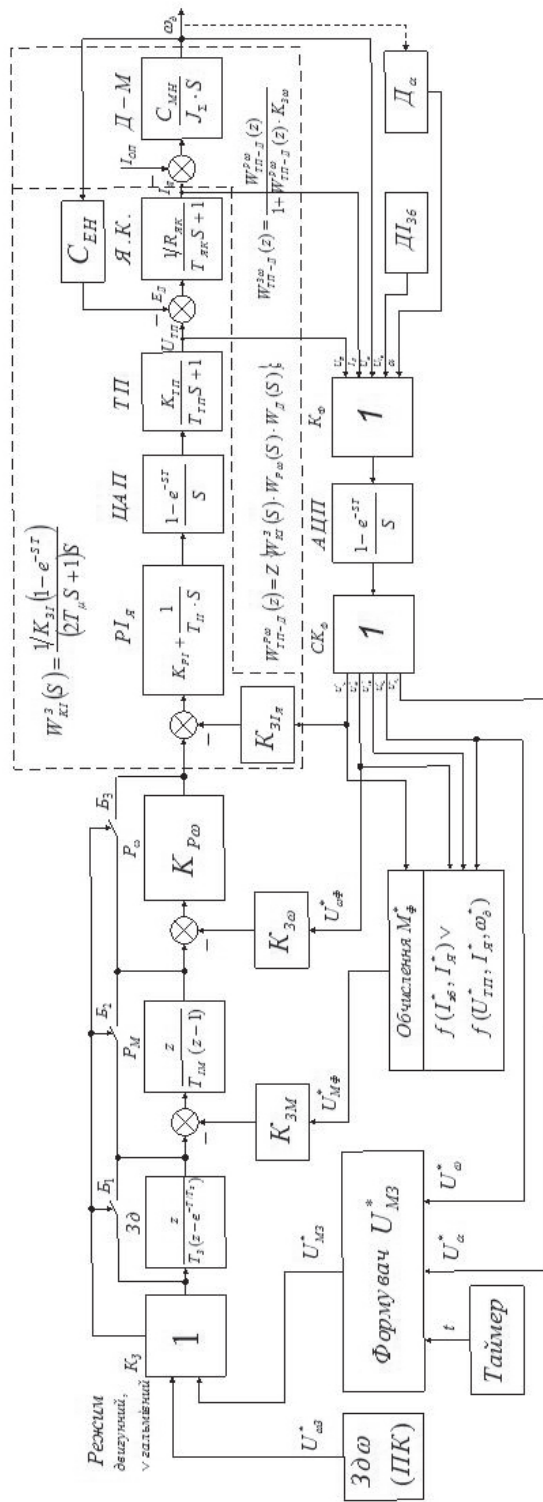
регуляторів F_c , V_c і ID виконують підпрограми, а вихідні напруги регуляторів ID після цифро-аналогового перетворення керують TP . Такі електроприводи з редукторами необхідні для рулону (замість механічного гальма), смуготягнучого механізму CM і намотувальних стрічки механізмів, а також для створення фізичних моделей не тільки розроблюваних приводів, але й імітації сил та моментів опору рухові CM , R і HM , пропорційних RR і RB , які обчислюються за частотами обертання двигунів рулонів та бобін. Для цього кафедрою АКТ академії розроблено навантажувальний пристрій НП за системою $TP-D$ з $F_{DN} = \text{const}$ потужністю 4,3 кВт з цифровими задавачем і регуляторами гальмівного моменту, частоти обертання і струму двигуна НП (див. рисунок). Для керування ним використана програма мовою ASM 8080 мікропроцесорної системи МПСК з ПМК «Електроніка К1-20», створеної для стендових досліджень автобусних двигунів і гідромеханічних передач у Львівському КЕІ автобусобудування [6]. Для розмотувально-різальних (на аркуші і стрічки) машин з V_c смуг меншими 5 м/с і $F_c = 200$ Н потрібні двигуни з меншими як 4–5 кВт номінальними потужностями і з відповідно обґрунтованими параметрами регуляторів F_c , V_c і ID [4].

Приводи, у т.ч. імпорتنі комп'ютеризовані, але не пристосовані до стабілізації FCZ і ΔVCZ з використанням DR та автоматизованої зміни його рушійного моменту на гальмівний і навпаки, застосовувати недоцільно.

Для дослідження розгонів приводів CM і R до $VM = 5$ м/с нами розроблена програма з іменем «ROZHON». Моделюванням підтверджено, що без застосування програмних засобів синхронізації $VR(t)$ з $VM(t)$ виникають недопустимі відхилення $\Delta Vc(t)$ від необхідних для стабілізації $Fc(t)$. Приводи HM РРМ досліджено в режимах розгону і намотування чотирьох стрічок з $VB = 10$ м/с і $FCN = 50$ Н за окремими програмами моделювання [1, 2].

З вищенаведеного випливає, що синтезовані нами системи цифрового керування приводами постійного і змінного струмів механізмів РРМ й інших поліграфічних машин, які розмотують рулони і намотують бобіни, необхідно експериментально дослідити для визначення номінальних потужностей їх двигунів і сил опору розмотуванню рулонів і намотуванню бобін та для налагодження програм керуючих ЕОМ.

Багатодвигунні РРМ ще не створені, а розмотувально-різальні і намотувальні поліграфічні машини обладнані в основному асинхронними приводами. З огляду на це пропонується осцилографувати напруги, струми живлення та частоти обертання їх двигунів у режимах розгонів і розмотування рулонів і намотування бобін. Користуючись алгоритмами та підпрограмою WTRATAD, розробленими кафедрою АКТ академії, можна визначити еквівалентні потужності і моменти на валах АД, максимальні і середні сили натягу смуг і стрічок та їх модулі пружності, значення яких необхідні для програм ЕОМ, що керуватимуть реальними приводами. Ці програми можуть бути створені трансляванням розроблених й апробованих програм моделювання приводів механізмів, що розмотують смуги і намотують стрічки з наближено прийнятими силами їх натягу і модулями пружності.



Структурна схема навантажувального пристрою за системою ТП-Д

Для фізичного моделювання та налагодження програм керуючих ЕОМ й апаратного їх забезпечення доцільно створити лабораторний навантажувальний пристрій за системою TP-D або Pf-AD потужністю близько 4 кВт, здатний імітувати сили і моменти опору, властиві реальним механізмам. Структурні схеми таких НП і програма мікропроцесорного керування ними мовою асемблер розроблені.

1. Дурняк Б. В. Способи реалізації оптимізованих систем керування електроприводами намотувальних вузлів рулонних ротаційних машин / Дурняк Б. В., Сорочинський О. М., Забрамна І. А. // Наукові записки: наук-техн. зб. — Львів: УАД. — 2006. — №9. — С. 56–70.
 2. Дурняк Б. Системи керування секціями багатодвигунних рулонних друкарських машин / Дурняк Б., Забрамний А., Сорочинський О., Яремків Т. // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. пр. — Львів: УАД. — 2009. — №2. — с. 3–9.
 3. Дурняк Б. Структурні схеми і моделювання приводів постійного струму рулону і смуготягнутого механізму рулонних ротаційних машин / Дурняк Б., Забрамний А., Яремків Т. // Поліграфія і видавнича справа. — 2011. — №4(56). — с. 104–116.
 4. Дурняк Б. Параметричний синтез систем цифрового керування механізмами рулонно-розмотувальних і різальних машин / Дурняк Б., Забрамний А., Стрепко І., Яремків Т. // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. пр. — Львів: УАД. — 2012. — №27. — с. 1–18.
 5. Ли Т. Г. // Управление процессами с помощью ЭВМ. Моделирование и оптимизация / Ли Т. Г., Адамс Г. Э., Гейнз У. М. [Пер. с англ.] — М.: Сов. радио, 1972. — 312 с.
 6. Исследование способов создания микропроцессорной системы управления тормозом стэнда с целью воспроизведения необходимых законов изменения суммарного сопротивления дороги и воздуха / Забрамный А. А и др. Отчет по НИР №33-46-86. № гос. рег. 01860064086. — Львов: ЛЛТИ, 1988. — 123 с.

Програма моделювання розгону смуготягнутого механізму і рулону

```
Program ROZHON;{2012}
```

```

LABEL 3,5; const mc = 250; type masiv = array[1..mc] of real; const URN
= 10; UZN = 10; TZVM = 10; KZ = 1; E0 = 400000000; BC = 0.0001; LR = 1;
HT = 0.001; TMAX = 50; D0 = 1000; VMN = 5; VZ = 0.25; KZVM = URN/VMN;
FCN = 200; FOP = 160; ECN = 40000; TCN = 0.1;
{DWYHUNY i REDUCTORY ODYNAKOVY} T1RV = 0.0002; T2RV = 0.04; PDN =
4300; UDN = 220;
IDN = 22; IDmax = 88; NDN = 157; MDN = 27.5; MDMAX = 110; KKDN = 0.88;
TJ = 0.03; RJ = 0.5; TJC = 1.5*TJ;
RJC = 1.5 * RJ; CEDN = 1.33; CMDN = 1.33; RCM = 0.25; JCM = 25; IPM =
1.5; KKR = 0.98; MOT = 2; JRMAX = 68; JSMMAX=(JRMAX+JCM)/(IPM*IPM);
T1RI = 0.038; T2RI = TJC; KZI = URN/(3*IDN); KTP = 25; TTP = 0.006;
RRMAX = 0.5; JOR = 0.8; AJ = 1100; IPR = 1.5; JSRMAX=JOR+AJ/
(IPR*IPR)*sqr(sqr(RRMAX));
UZVRN = 10; TZVR = 6; T1RVR = 0.0001; VRN = 4.975; KZVR = UZVRN/VRN;
DVCN = VMN-VRN; FRMAX = 200; DPMexn=100; Kmexn=1.05;
DPfen=200; Kfen=0.65; DDPN=PDN*(1-KKdn)/KKdn;

```

```

var mv:masiv; UZVM, UZVR, VM, U1RVM, URVM, VR, U1RVR, URVR, IDM,
U1RIM, URIM, IDR, U1RIR, URIR, UTPM, UTPR, JSM,
NDM, NDR, MDM, MDR, MOPM, MOPR, MTM, MTR, DVC, RR, DDVC, FM, FR, T,
D:real;

```

```

function sign(x:real):real;
begin sign:=0;
  if x>0 then sign:=1;
  if x<0 then sign:=-1;
end;

```

```

function f1(x:real):real;
begin
  f1:=0;
  if x > 0 then f1:=1;
  if x < 0 then f1:=0;
end;

function f2(x:real):real;
begin
  f2:=KKR;
  if x < 0 then f2:=1/KKR;
  if x = 0 then f2:=1/KKR;
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;

procedure WTRATD (Pdn, Udn, Idn, Mdn, Ndn, KKdn, Rj, Ced, DPMexn,
Kmexn, DPfen, Kfen, HT, IP, KKP,
Ud, Id, Nd, Nd1, R, Js, Jsl:real; var DPMex, DPfe, DPj, DPd, DPk, DPs,
Pp, KKd, Med, Mj,
Mdf, Fx:real);
begin
  DPMex:=exp(ln(DPMexn)+Kmexn*ln(abs(Nd)/Ndn));
  DPfe:=Kfen*Nd; DPj:=1.2*Rj*sqr(Id);
  DPd:=0.01*Ud*sqr(Id)/Idn; DPk:=2*Id;

```



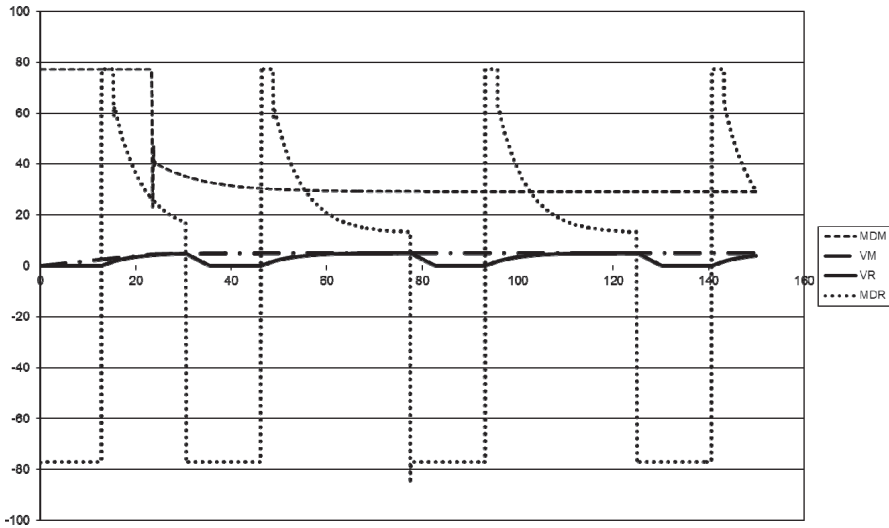
```

DPs:=DPmex+DPfe+DPj+DPd+DPk;
Pp:=Pdn*(Ud*Id-DPmex-DPfe)/(Udn*Idn-DPmexn-DPfen);
KKd:=Pp/(Pp+DPs); Med:=Ced*Id;
Mj:=0; Mdf:=(Med*KKd-Mj);
Fx:=Mdf/R*IP*KKP;
end;

begin
UZVM:=0; UZVR:=0; VM:=VZ; U1RVM:=0; URVM:=0; VR:=0; U1RVR:=0; URVR:=0;
IDM:=0; U1RIM:=0; URIM:=0; IDR:=0;
U1RIR:=0; URIR:=0; UTPM:=0; UTPR:=0; JSM:=JCM/(IPM*IPM); NDM:=0;
NDR:=0; MDM:=0; MDR:=0; MOPM:=0; MOPR:=0; MTM:=0; MTR:=0; DVC:=0;
RR:=RRMAX;
DDVC:=0; FM:=0; FR:=0; T:=0; D:=0;

3:SAR3(UZN, TZVM, 1, HT, UZVM);
SAR3(UZN, TZVR, 1, HT, UZVR);
if sign(DDVC)=-1 then UZVR:=URN/VRN*(UTPR-(abs(IDR)+IDMAX)*RJ)*RR/
(IPR*CEDN);
SAR4(UZVM-KZVM*VM, T1RV, T2RV, HT, URN, U1RVM, URVM);
SAR4(UZVR-KZVR*VR, T1RVR, T2RV, HT, URN, U1RVR, URVR);
SAR4(URVM-KZI*IDM, T1RI, T2RI, HT, URN, U1RIM, URIM);
SAR4(URVR-KZI*IDR, T1RI, T2RI, HT, URN, U1RIR, URIR);
SAR3(URIM, TTP, KTP, HT, UTPM);
SAR3(URIR, TTP, KTP, HT, UTPR);
SAR3(UTPM-CEDN*NDM, TJC, 1/RJC, HT, IDM);
if abs(IDM)>IDMAX then IDM:=IDMAX*sign(IDM);
SAR3(UTPR-CEDN*NDR, TJC, 1/RJC, HT, IDR);
if abs(IDR)>IDMAX then IDR:=IDMAX*sign(IDR);
MOPR:=0.2*FOP*RRMAX/(IPR*KKR)*f1(DVC)*sign(DDVC);
MOPM:=FOP*RCM/(IPM*KKR)*f1(DVC);
MTM:=MOT*sign(NDM);
MTR:=MOT*sign(NDR);
MDM:=CMDN*IDM*KKDN;
MDR:=CMDN*IDR*KKDN;
SAR2(MDM-MOPM-MTM, JSM, HT, NDN, NDM);
SAR2(MDR-MOPR-MTR, JSRMAX, HT, NDN, NDR);
if ndr<0 then ndr:=0;
VM:=NDM*RCM/IPM; VR:=NDR*RRMAX/IPR;
DVC:=VM-VR; DDVC:=VM*VRN/VMN-VR;
FM:=MDM/RCM*IPM;
FR:=MDR/RRMAX*IPR;
JSM:=(JCM+JRMAX*f1(DVC))/(IPM*IPM);
{SAR2(DVC, TCN, ECN/VM, HT, FM);
SAR2(DVC, TCN, ECN/VR, HT, FR); }
T:=T+HT;D:=D+1;
if D<D0 then goto 5;
Writeln('T=', T:5:3, ' MDM=', MDM:5:1, ' MDR=', MDR:5:1, ' VM=', VM:5:3,
VR=', VR:6:3, ' FM=', FM:5:1, ' FR=', FR:6:3);
5:if VM<VMN then goto 3; if VM > VMN then goto 3;
if VR<VRN then goto 3; if VR > VRN then goto 3;
end.

```



Результати моделювання розгону двигунів CM і R

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СПОСОБЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОЛОСОРАЗМАТЫВАЮЩИХ И ЛЕНТОНАМАТЫВАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАШИН

Обобщаются основные результаты синтеза и цифрового структурного моделирования электроприводов постоянного тока по системам TP-D с цифровыми регулирующими средствами механизмов, разматывающих полосы с рулонов и наматывающих ленты в бобины в ротационных и других полиграфических машинах. Программы моделирования предлагается транслировать и использовать для управляющих ЭВМ действующими электроприводами механизмов полиграфических машин, а также лабораторными электроприводами, имитирующими тормозные режимы и моменты сопротивления. Приводится структурная схема погрузочного привода мощностью 4 кВт, описываются задачи и способы экспериментального определения моментов и сил сопротивления разматыванию рулонов, исследуется их разгон.

DESIGN AND METHODS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ELECTRIC BANDUNWINDING AND TAPEWINDING MECHANISMS PRINTING MACHINES

Summarizes the main results of the synthesis and structural modeling of digital DC drives for TP-D systems with digital means of regulatory mechanisms that extend the zone of rolls and strip wound in reels in rotary and other printing machines. Simulation program is offered to broadcast and used to control computer operating electric machinery printing machines, and electronic laboratory to simulate braking modes and moments of resistance. The structural scheme of loading drive capacity of 4 kW, outlines the objectives and methods of experimental determination of moments and forces of resistance unwinding rolls, study their dispersal.

УДК 655.3.062: 658.562.07

В. Ф. Морфлюк, В. В. Морфлюк-Щур

Національний технічний університет України «КПІ»

ЦИФРОВИЙ КОНТРОЛЬ СТАТИСТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ LAB КООРДИНАТ ДЛЯ ОБ'ЄКТИВНОГО ЦИФРОВОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРОВОГО ВІДХИЛЕННЯ

Пропонується підхід об'єктивного статистичного визначення Lab координат кольору та корекції їх випадкових відхилень у процесі автоматизації контролю якості кольоровідтворення відбитків офсетного способу друку на основі цифрового визначення кольорового відхилення ΔE з метою забезпечення оперативного керування кольором.

Цифровий контроль, статистичне вимірювання LAB координат, цифрове визначення, кольорове відхилення

Якість кольорової друкованої продукції в сучасних офсетних друкарських машинах значно залежить від процесів контролю якості кольоровідтворення відбитків для оперативного керування кольором, що потребує розроблення нових підходів, алгоритмів і програмно-апаратних засобів для аналізу процесів відтворення кольорових відбитків та корекції їх спотворення, оперативного в реальному масштабі часу.

Визначення та контроль кольоровідтворення відбитків у сучасних умовах базується на методах статистичної цифрової обробки результатів вимірювання характеристик кольору, які забезпечують підвищення вірогідності та точності визначення Lab координат кольору при виявленні аномальності нормального розподілення вимірів для об'єктивного цифрового визначення та контролю кольорового відхилення ΔE при розробленні засобів автоматизації, що дозволяє створювати засоби оперативного керування кольором. Це показує напрямок для забезпечення якості кольорової друкованої продукції офсетних друкарських машин [3, 5–7] за рахунок автоматизації процесів визначення та контролю характеристик кольору та кольорового відхилення, що є актуальною проблемою побудови сучасних систем автоматичного керування кольором.

Визначення якості кольоровідтворення на основі денситометричного контролю не забезпечує гарантованої оцінки кольору, що пов'язано з принциповим обмеженням денситометрії працювати з кольором. Це потребує розглядати вказані фактори на двох рівнях, що негативно впливає на процес визначення якості кольоровідтворення. Внаслідок цього виникає потреба в застосуванні сучасних програмно-технічних засобів для формування характеристик у кольоровій моделі CIE Lab, головним чинником яких є отримання об'єктивних статистичних даних про кольоровідтворення для подальшої цифрової обробки характеристик кольоровідтворення.

При визначенні колірних відмінностей еталона і відбитків важливе значення мають колориметрична система та математичний опис її характеристик, який використовується для розрахунку колірного відхилення ΔE [2,7].