

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРИВОДА ДРУКАРСЬКОГО ПРИСТРОЮ МАШИНИ ПС-А2

Плоскодрукарські автомати ПС-А3, що випускаються нині Єйським заводом поліграфічних машин замість автоматів ПС-А2, використовуються на поліграфічних підприємствах нашої країни для друкування текстової та ілюстраційної продукції тиражами до 20—25 тис. Фактична їх продуктивність не перевищує 3—3,5 тис. відбитків за годину.

Дальше збільшення продуктивності цих машин вимагає поліпшення їх динаміки і головним чином динаміки друкарського пристрою.

Це дослідження мало на меті виявити дійсну картину навантаження привода друкарського пристрою при різних режимах роботи плоскодрукарського автомата ПС-А2 ($n=40\div 75$ об/хв) та вплив цих режимів на сумісну роботу привода талера і друкарського циліндра. Паралельно ставилась задача виявити експериментальним шляхом картину енергетичного балансу машини. З цією метою проводились оцінювання нерівномірності обертання головного вала, вимірювання крутних моментів на валі привода талера та друкарського циліндра.

Необхідність реєстрації швидкоминаючих процесів визначила вибір електротензометричних методів вимірювання з застосуванням дротяних датчиків, а також відповідної підсилювальної апаратури.

Для вимірювання крутних моментів на валі привода талера були наклеєні з діаметрально протилежних сторін, попарно під кутом 45° до твірної, 4 дротяних датчики. Електричний зв'язок датчиків з пристроями живлення і підсилювання здійснювався за допомогою спеціального струмознімача з ковзними контактами-щітками. Електросигнали, які знімались з контактів струмознімача, подавались на електронний підсилювач, а потім на шлейфовий осцилограф Н-700. Тарування датчиків крутних моментів проводилось в статичних умовах шляхом защемлення головного вала і навантаження вертикально розташованого кривошипа зусиллями, що утворювали необхідні крутні моменти. Зусилля на кривошип створювались за допомогою спеціальної гвинтової передачі і визначались вірцевим динамометром ДОСМ-1.

Нерівномірність руху вимірювалась за допомогою тахогенератора. Для оцінки демпфуючого впливу передач (клиноремінної та зубчастої) привода запис кутових швидкостей здійснювався паралельно на головному валі і на валі електродвигуна, для чого були використані два тахогенератори (рис. 1).

Сигнали від тахогенераторів (вони позначені цифрами 1 і 5 на рис. 1) поступали на шлейфовий осцилограф і реєструвались на осцилографічному папері. Тарування тахогенераторів провадилось на спеціальній установці. Тут тахогенератор приводився від електродвигуна, швидкість обертання якого регулювалась за допомогою автотрансформатора напруги (ЛАТР) і визначалась строботахометром. Рівень прямих відрізків ліній на осцилограмі при таруванні відповідав певним швидкостям обертання тахогенератора. По цих записах будувалась за-

лежність відхилення променя шлейфа осцилографа від кутової швидкості.

Враховуючи нерівномірність руху машини, для розшифрування осцилограм зареєстрованих параметрів за період циклу виникла необхідність запису кутів повороту головного вала спеціальним переривачем струму, який утворювався фотоелементом 4 під дією світла, що проходило через отвори диска 2 від лампи 3 (рис. 1).

Вимірювання зусиль у шатунах привода талера та привода друкарського циліндра здійснювались шляхом реєстрації деформацій датчиків омичного опору. Тарування зусиль у шатунах виконувались шляхом навантаження їх відповідними розтягуючими силами, які створюю-

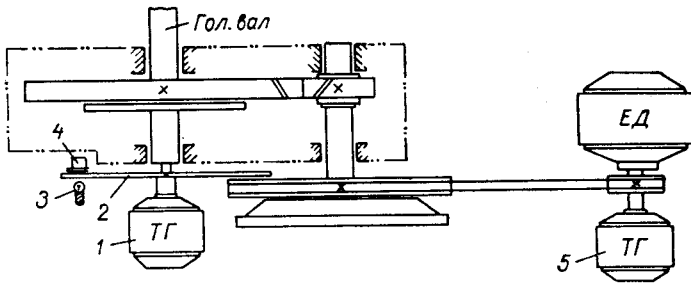


Рис. 1. Схема вимірювання кутових переміщень і кутових швидкостей у приводі ПС-А2.

вались за допомогою талая, а їх величини визначались динамометром розтягу типу ТДВ-8.

Для можливості розшифрування осцилограм записувалися фази приходу талера у крайні положення. Одночасно здійснювався запис відмітчиком часу ($f = 10$ гц), наявним в осцилографі Н-700.

З метою виявлення впливу на динаміку привода окремих механізмів машини запис усіх параметрів здійснювався:

- а) при включенні всіх механізмів машини, крім самонакладу, з включеним механізмом натиску;
- б) те ж, що в пункті «а», тільки з виключеним механізмом натиску;
- в) при виключених самонакладі і друкарському циліндрі;
- г) при виключених самонакладі, друкарському циліндрі і фарбовому апараті.

Самонаклад в усіх випадках відключався, оскільки через ділянку вала, де були наклеєні датчики крутних моментів, енергія йому не передавалась.

Експерименти проводились при швидкостях машини (по номіналу) $n = 40-45-50-60-65$ і 75 об/хв.

На рис. 2, а представлені осцилограми: 1 — кутських швидкостей вала електродвигуна, 2 — кутових швидкостей головного вала, 3 — крутних моментів, 4 — зусиль згину у шатуні механізму привода талера, 5 — зусиль у шатуні механізму ловильного сектора, 6 — відмітчика крайнього положення талера, 7 — кутових переміщень головного вала.

Представлена осцилограма записана при швидкості машини $n = 72$ об/хв при всіх, крім самонакладу, включених механізмах (пункт «а» програми); швидкість переміщення осцилографічного паперу $v = 160$ мм/сек.

Графіки зміни швидкостей головного вала 2 і вала електродвигуна 1 одержані за допомогою осцилограми, представлені на рис. 2, б. По осі ординат зліва і справа відкладені у масштабі кутові швидкості відповідно для головного вала і вала електродвигуна. У процесі дослі-

дження виявилось значне коливання середніх швидкостей машини порівняно з номінальними (паспортними).

Фактична середня швидкість обертання головного вала за період циклу визначалась на основі запису відмітчика часу.

В свою чергу, середня швидкість обертання вала електродвигуна

$$\omega_{с.д} = \omega_{с.в} \cdot i,$$

де i — передаточне число. Для привода ПС-А2 $i=21$.

Для одержання додаткової максимальної швидкості ($n=75$ об/хв) був змінений діаметр шківів і передаточне число стало $i=18,2$.

Аналізуючи графіки зміни кутових швидкостей, бачимо значні їх відхилення від середньої швидкості, які характеризуються коефіцієнтом нерівномірності [1]:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_c},$$

де ω_{\max} і ω_{\min} — відповідно максимальне і мінімальне значення кутової швидкості.

Коефіцієнти нерівномірності обертання, знайдені на підставі розшифровки осцилограм для головного вала і вала електродвигуна при різному підключенні (варіанти $a, б, в, г$) виконавчих механізмів (згідно з програмою), занесені у табл. 1.

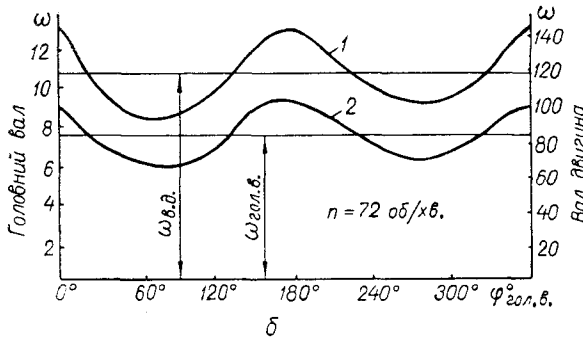
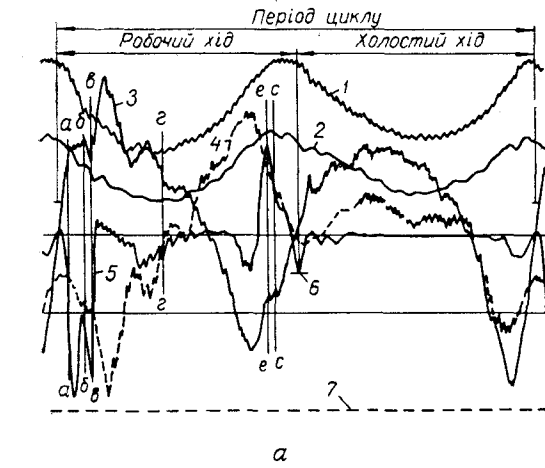


Рис. 2.

a — осцилограма запису досліджуваних параметрів; $б$ — експериментальні криві зміни кутових швидкостей від кута повороту головного вала (при $i=18,2$).

$г$			$в$			$б$			$а$		
n об/хв	$\delta_{гол.в}$	$\delta_{дв}$	n об/хв	$\delta_{гол.в}$	$\delta_{дв}$	n об/хв	$\delta_{гол.в}$	$\delta_{дв}$	n об/хв	$\delta_{гол.в}$	$\delta_{дв}$
50	0,34	0,32	42	0,36	0,35	40	0,44	0,44	42	0,40	0,44
54	0,34	0,32	48	0,37	0,35	47	0,40	0,37	48	0,37	0,42
60	0,32	0,30	54	0,31	0,34	54	0,39	0,42	54	0,33	0,38
66	0,30	0,26	65	0,30	0,29	64	0,35	0,32	65	0,35	0,32
75	0,37	0,36	74	0,32	0,38	72	0,42	0,47	72	0,45	0,47

Як бачимо, коефіцієнт нерівномірності δ коливається в залежності від конкретних умов у межах 0,3—0,45 для головного вала і 0,26—0,47 — для вала електродвигуна.

На підставі таблиці побудовані графіки (рис. 3) зміни коефіцієнта нерівномірності в залежності від числа обертів головного вала при різних варіантах підключення механізмів.

Графіки показують, що з підвищенням числа обертів машини до відповідної величини коефіцієнт нерівномірності знижується, а потім знову зростає. Для машини ПС-А2 значення швидкості, при якій нерівномірність стає мінімальною, відповідає 65 об/хв.

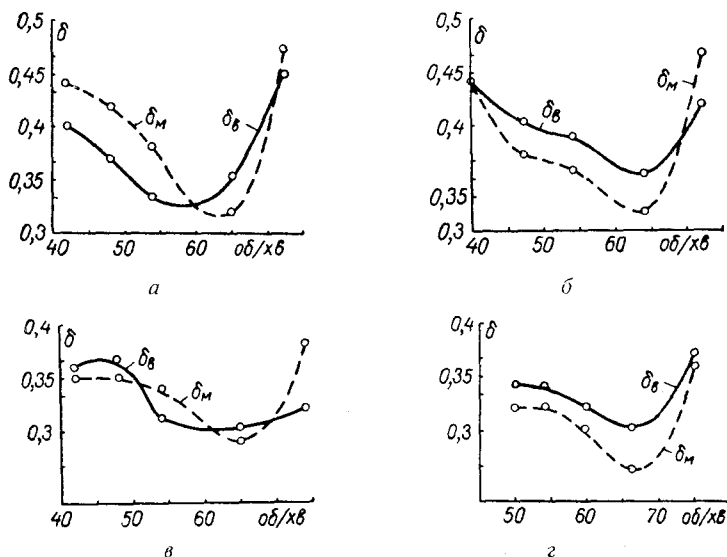


Рис. 3. Графіки зміни коефіцієнта нерівномірності в залежності від числа обертів головного вала $\delta = f(n)$, а — при включенні всіх механізмів машини з включенням механізмом натиску; б — при включенні всіх механізмів машини з виключенням механізму натиску; в — при виключених самонакладі і друкарському циліндрі; г — при виключених самонакладі, друкарському циліндрі і фарбовому апараті.

Зменшення нерівномірності пояснюється, мабуть, передусім тим, що при швидкостях електродвигуна типу АК-52-4, нижчих номінальної, його швидкісна характеристика [2] не стабільна при зміні моменту опору. До цього слід додати, що збільшення швидкості приводить до збільшення запасу кінетичної енергії маховика, що також сприяє зменшенню її нерівномірності. При дальшому збільшенні швидкості настає найбільш стійка характеристика роботи електродвигуна, яка відповідає номінальному навантаженню. У конкретному випадку ця швидкість дорівнює $n=65$ об/хв.

Очевидно, збільшення швидкості машини ПС-А2 за рахунок зміни передаточного числа і доведення її до 75 об/хв мало наслідком створення моменту опору, вищого від номінального, тобто до роботи з перенавантаженням, що, як відомо, також викликає зниження стабільності швидкості електродвигуна.

Нерівномірність обертання вала електродвигуна у більшості випадків менша нерівномірності обертання головного вала (рис. 3, а, б, г), що пояснюється частковим вбиранням пульсуючих зусиль пасовою передачею, а також можливим відносним проковзуванням. При включенні механізму натиску збільшується технологічне зусилля, яке у зоні нижче номінальних швидкостей електродвигуна привело (рис. 3, а) до збільшення нерівномірності обертання ротора. Щоб перевірити зроблені припущення про зниження стабільності швидкості, як результат перенавантаження електродвигуна, був здійснений експеримент по визначенню споживаної потужності на валі електродвигуна за період циклу.

Необхідність такого експерименту викликала ще й тому, що, як показала обробка отриманих осцилограм крутних моментів на головному валі, середня споживана потужність не перевищувала номінальної потужності електродвигуна ($P=4,5$ кВт). Експерименти проводились при всіх виведених додаткових опорах у колі ротора.

При вимірюванні потужності стрілочним приладом, яким є кіловатметр, можна одержати якусь середню величину. Тому для виявлення істинної картини зміни потужності за цикл величина сили спо-

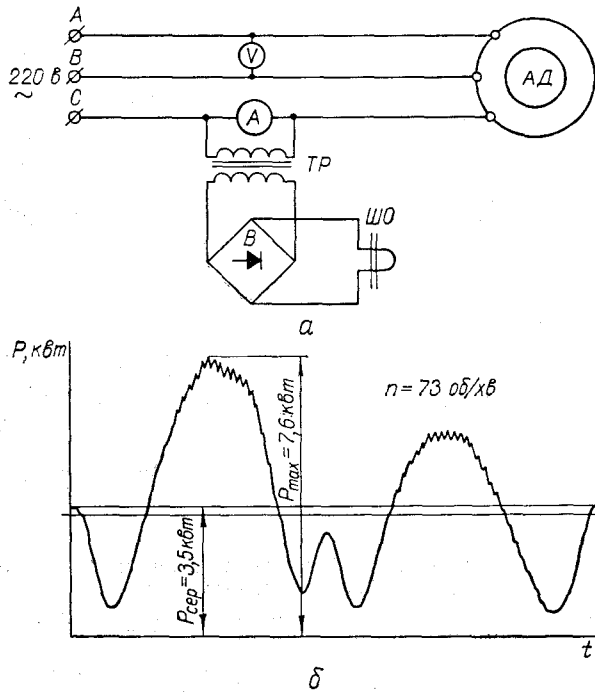


Рис. 4.

а — схема до вимірювання споживаної потужності на валі електродвигуна; б — осцилограма запису потужності, споживаної електродвигуном за період циклу.

живаного струму, яка шунтується у самому приладі, випрямлялась і подавалась на шлейф осцилографа, де записувалась на папері у вигляді осцилограм. Паралельно вольтметром визначалась величина напруги. В процесі досліджень напруга коливалась у незначних межах ($V=215-220$ в). Споживана електродвигуном потужність, приймаючи напругу приблизно постійною, пропорційна величині реєструючого струму і рівна $P_e = V \cdot I \cos \varphi$ ($\cos \varphi$ врахований схемою кіловатметра). При цьому $\cos \varphi$ коливається у незначних межах і прийнятий рівним 0,83 [7].

Для одержання потужності на валі електродвигуна, з метою порівняння її з потужністю, яку споживає машина, знайдена в результаті дослідження потужність множилась на к.к.д. електродвигуна ($P_{вe} = V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$, де $\eta=0,8$).

Для оцінки масштабу осцилограм був записаний приладом струм постійної величини при холостому підключенні електродвигуна. Дослідження потужності проводилось для тих самих варіантів підключення окремих механізмів, що й раніше. На рис. 4, б представлена осцилограма споживаної електродвигуном потужності за період циклу, записаної при $n=73$ об/хв і при підключенні всіх механізмів машини, крім самонакладу. Порівняння її з осцилограмою крутних моментів показує, що піки споживаної потужності приблизно відповідають пікам крутних

моментів. Середня величина потужності на валі електродвигуна дорівнює $P_{\text{сер}} = 3,5 \text{ кВт}$ і не виходить за межі номінальної потужності. Одночасно в окремих фазах циклу вона значно перевищує її. Наприклад, максимальна потужність для розглянутого випадку, яка змінюється протягом приблизно 4 обертів ротора електродвигуна, становить $P_{\text{max}} = 7,6 \text{ кВт}$, що в 2,2 раза більше середньої. Все це підтверджує сказане вище про перевантаження електродвигуна, яке збільшує нерівномірність його обертання. Коефіцієнт нерівномірності теоретично дорівнює 0,49, а експериментально $\delta = 0,47$.

Зменшення нерівномірності ходу можна досягнути збільшенням моменту інерції маховика. Так, наприклад, для утримання нерівномірності до 20% необхідно збільшити I_M до $0,68 \text{ кгс} \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2$ при існуючому $0,28 \text{ кгс} \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2$. Досягнути практично повної рівномірності та розвантажити привод можна шляхом застосування відповідних зрівноважувальних пристроїв, зокрема шляхом застосування кінематичного зрівноважування.

При проектуванні нових машин може викликати інтерес картина енергетичного балансу машини ПС-А2. По осцилограмах крутних моментів визначалась середня робота в період циклу машини і відповідно знаходилась споживана потужність, приведена до вала електродвигуна. Були прийняті ті ж самі варіанти роботи, що й раніше. Одночасно для цих варіантів були знайдені значення середньої потужності (методика запису описана вище), споживаної електродвигуном безпосередньо від сітки, з врахуванням к.к.д. останнього ($\eta = 0,8$). Значення середньої потужності, що споживається окремими вузлами машини при $n = 75 \text{ об/хв}$, наведені нижче.

	Варіанти схем		
	а	б	г
За записом на гол. валі, кВт (% до варіанта «а»)	3,23(100)	2,92(88,5)	1,96(60,7)
За записом на валі електродвиг., кВт (% до варіанта «а»)	3,65(100)	3,21(88)	2,11(58)

Аналіз отриманих значень свідчить, що значна доля потужності витрачається на приведення талера. Так, коли прийняті загальну споживану потужність (без самонакладу) за 100%, то при відключенні друкарського циліндра потреба в ній зменшується до 83—90%, а при відключенні друкарського циліндра і фарбового апарата — до 60,5—63%.

ЛІТЕРАТУРА

1. И. И. Артоболевский. Теория механизмов и машин. Физматгиз, М., 1965.
2. А. Я. Мучник, К. А. Парфенов, Г. В. Дреус. Общая электротехника и электрооборудование. Изд-во «Высшая школа», М., 1961.
3. Н. П. Раевский. Методы экспериментального исследования механических параметров машин. Изд-во АН СССР, 1952.
4. К. В. Тир. Приближенный аналитический расчет механизмов привода машин-автоматов. Научные записки УПИ, т. XII, 1958.
5. К. В. Тир. Механика полиграфических автоматов. Изд-во «Книга», 1965.
6. Я. И. Чехман. Исследование динамики привода талера двухоборотной плоскочечатной машины ДПП. Научные записки УПИ, т. XIV, 1961.
7. Справочные данные по электрооборудованию, т. 1. Изд-во «Энергия», М.—Л., 1964.

У. КОСЫНОВ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF THE PRINTING UNITS DRIVE IN THE MACHINE ПС-А2

Summary

Results of the experimental investigation of the real picture of the loads, acting upon type bed's and printing cylinder's drive are considered.