

УДК 62-83.621.01

К. В. Макаревич; В. М. Шамардіна, канд. техн. наук, доц.;
Ф. Паліс, д-р. інж., проф.; Ш. Паліс, дипл. інж.

РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА ЧАСОМ КЕРУВАННЯ ДЛЯ БАШТОВОГО КРАНА

Запропонована програма оптимального за часом керування робочими рухами баштового крана, що розроблена на основі команд додатку Optimization Toolbox™ пакета Matlab™ для оптимізації нелінійних і лінійних систем.

Вступ

В багатьох дослідженнях електромеханічних систем робочий орган подано за спрощеною кінематичною схемою. Сучасні прикладні пакети комп'ютерних програм (наприклад, Matlab) дозволяють повніше враховувати особливості взаємодії між окремими його частинами.

Мета роботи — створення програми оптимального керування механічною частиною крана в пакеті Matlab™ на базі SimMechanics-моделі, яка забезпечує виконання двох критеріїв якості: — усунення коливань вантажу; — мінімальний час перехідного процесу.

Результати дослідження

Програма (рис. 1) передбачає три етапи: ініціалізація, оптимізація і перевірка.

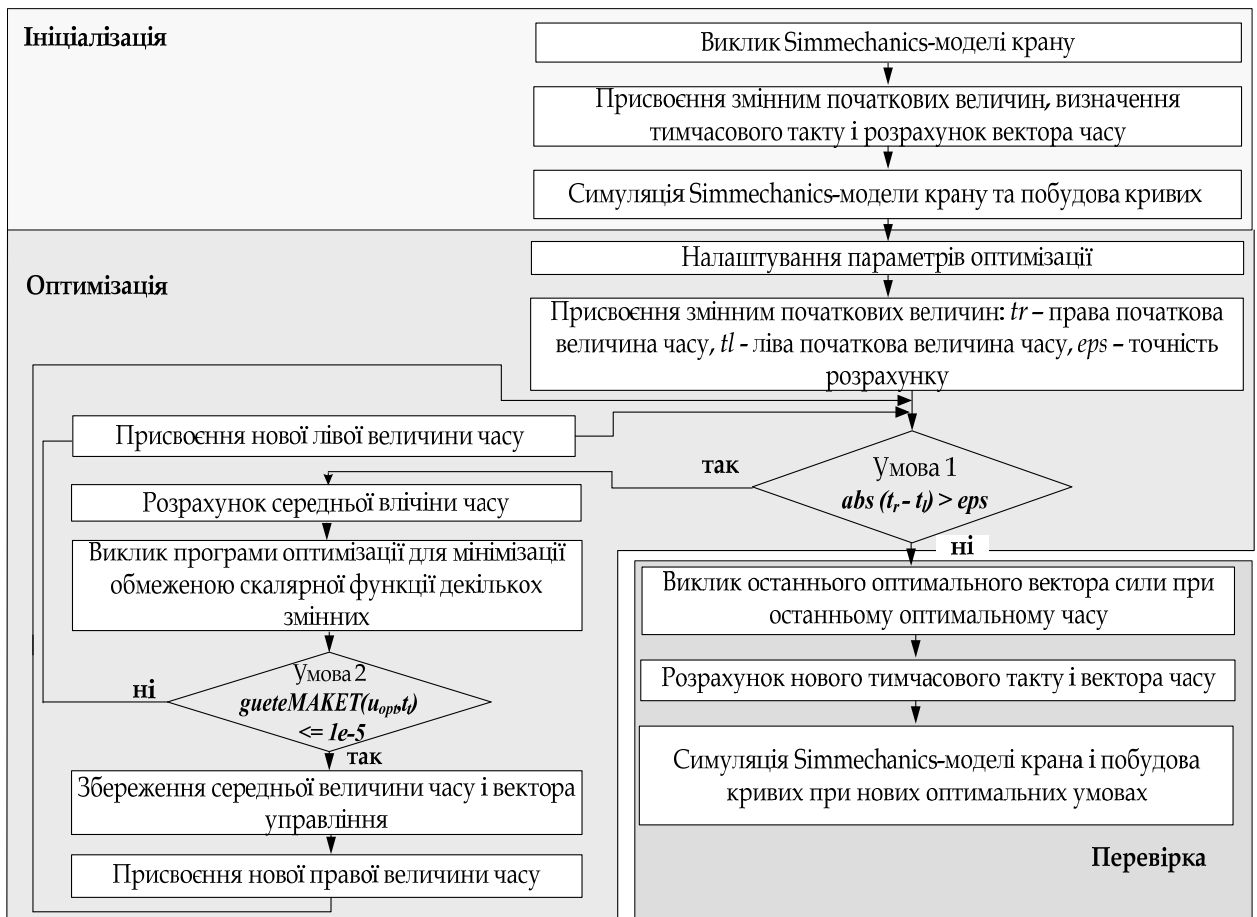


Рис. 1. Програма оптимального керування робочими рухами баштового крана

Під час ініціалізації здійснюється симуляція SimMechanics-моделі крана [1] при подачі сигналу керування (моменту двигуна F) найпростішої форми з одним перемиканням (на рис. 4–7 показано суцільною лінією). Оптимізація забезпечує мінімум функціоналу якості J з послідовним зменшенням часу перехідного процесу.

```

%%% ОПТИМІЗАЦІЯ
options = optimset('Algorithm',
'active-set', 'Display', 'iter',
'TolX', 1e-6, 'TolFun', 1e-6,
'MaxFunEvals', 1e6);
tr=2.5; t1=2.25; eps=0.01; % правий, лівий
поч. момент часу та точність
while abs(tr-t1)>eps
    tt=(tr+t1)/2 % час симуляції
    uopt = fmincon(@(u) gueteMAKET(u,tt),u,
[], [], [], [], lb,ub, [], options);
    % програми оптимізації сигналу управління
    u=uopt;
    if gueteMAKET(uopt,tt)<= 1e-5;% умова
        tr=tt; tx=tt; ux=uopt; % збереження
        нових часов. рамок і опт. сигналу управління
    else
        t1=tt;
    end
End

```

Рис. 2. Програма оптимального керування краном

```

function F = gueteMAKET(u,tt);
tend=tt; dt = tt/(length(u)-1); % тривалість симуляції
t = linspace(0, tend, length(u));
simopt = simset('solver', 'ode1', 'FixedStep', dt);
[tout,xout,yout]=sim('MAKET',[0 tend],simopt,[t,u]);
yend = [-0.4 0 0 0]; % матриця бажанного стану системи
F = 1e4*sum((yend-yout(length(yout),:)).^2); end

```

Рис. 3. Підпрограма «gueteMAKET.m» з визначення критерію якості J

Частина програми, яка реалізує цикл оптимізації, показана на рис. 2. На першому кроці вибирається інтервал часу $t_l < t < t_r$, який містить рішення. Потім визначається середня точка інтервалу t_i і здійснюється оптимізація у цій точці. Параметри оптимізації задаються командою `optimset`, а мінімізація цільової функції — командою `fmincon`. Якщо локальний мінімум в точці t_i знайдено, то цикл повторюється з новим значенням часу, що лежить в середині лівого інтервалу $t_l < t < t_r$, якщо ні — в середині правого інтервалу $t_l < t < t_r$. З кожним новим циклом інтервал зменшується, поки не стане менше деякого заданого значення `eps`. Керувальний сигнал F має належати області $l_b < u < u_b$.

За допомогою підпрограми «gueteMAKET.m» (рис. 3) задається час симуляції, викликається вихідний керуючий вектор моменту F , розраховується часовий такт, виконується симуляція моделі, а також визначається матриця бажаних кінцевих станів системи:

$$y_{end} = |s_x \quad \dot{s}_x \quad \phi_z \quad \dot{\phi}_z|, \quad (1)$$

де s і \dot{s} — шлях і швидкість пересування візка; ϕ і $\dot{\phi}$ — кут і швидкість відхилення вантажу.

За ілюстративним завданням під час перехідного процесу t_i візок має проїхати 0,4 м, а швидкість його пересування і кут відхилення вантажу повинні досягти нуля. Графіки розрахованих оптимальних перехідних процесів показано на рис. 4–7 пунктирною лінією.

Запропонована програма оптимального керування краном дозволила визначити необхідний вектор моменту F (рис. 7 — пунктирна лінія), що забезпечує такий рух крана, під час якого коливання вантажу усуваються за мінімальний час t_i (рис. 5).

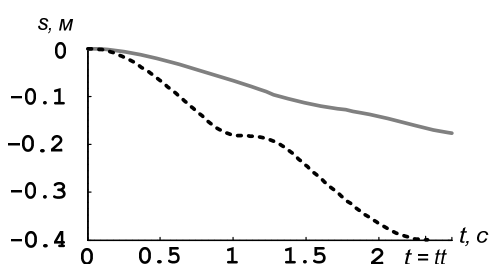


Рис. 4. Пересування кранового візка на 0,4 м

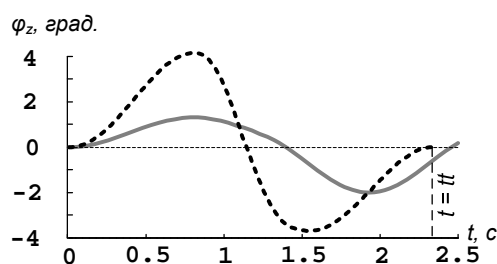


Рис. 5. Кут відхилення вантажу

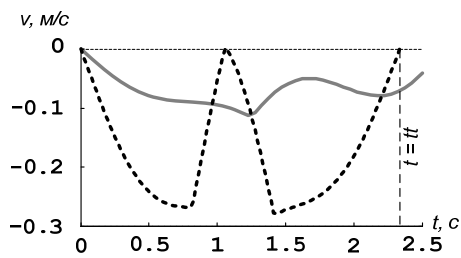


Рис. 6. Швидкість пересування візка

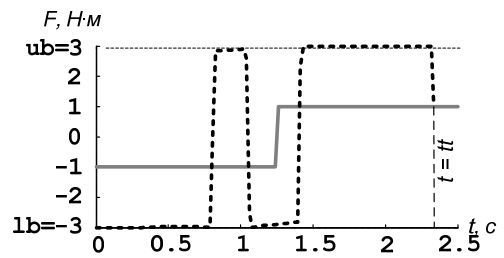


Рис. 7. Закон зміни керувального сигналу

Висновки

За допомогою створеної програми визначено оптимальну часову діаграму зміни сигналу керування механічною частиною крана, що формується приводним двигуном візка — F , автоматично визначається час, коли необхідно зробити перемикання F для забезпечення усунення коливань вантажу в межах заданого шляху пересування візка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Макаревич Е. В. Математическая модель поворотного крана с использованием SimMechanics (Matlab) / [Е. В. Макаревич, В. Н. Шамардина, Ф. Палис, С. Палис] // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Вестник НТУ «ХПИ». — 2010. — Вып. 28. — С. 102—103.
2. Matlab. Help. Optimization Toolbox.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

Стаття надійшла до редакції 10.10.11
Рекомендована до друку 25.11.11

Макаревич Катерина Володимирівна — інженер, інженерно-виробнича фірма ЗАТ «Елакс»;

Шамардіна Віра Миколаївна — декан німецького технічного факультету.

Національний технічний університет «ХПІ», Харків;

Палис Франк — професор кафедри загальної електротехніки та електроприводу, **Палис Штефан** — дипломований інженер кафедри автоматизації та моделювання.

Магдебурзький університет Отто фон Геріке, Магдебург