

Управление на процеса в експериментална сушилня

Николай Вълов

Experimental Drying Process Management: *This paper describes the practical use of the developed system control and management of processes in the laboratory dryer and subsequent analysis of the results. The integration of MATLAB scripts in LabView optimizes drying process management. All drying parameter values are recorded for subsequent analysis. With the developed control system can be implemented processes with high-quality finished products, reducing energy costs and duration of the drying process.*

Key words: Control System, Optimization, LabView, MATLAB.

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на съвременни апаратно-програмни средства е от съществено значение за реализирането на гъвкави и многофункционални системи за управление. За реализацията на този проект са интегрирани различни методи и технически средства за измерване на технологични параметри - скорост и температура на въздушен поток, относителна влажност, налягане и температура на атмосферния въздух, обороти на електродвигателя и др.. За събирането на информация от преобразувателите се използва персонален компютър, USB-6009 модул на National Instruments, трансмитер T7511 и софтуер за комуникация с устройствата. Използваните софтуерни пакети LabVIEW и MATLAB позволяват бърза пренастройка на управляемата система, без да е необходимо хардуерно включване и изключване на устройствата, а също така и управление с различни качествени и количествени показатели.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Настоящата публикация е описание на заключителния етап от синтезирането на система за контрол и управление на параметрите в процеса на сушене на плодове и зеленчуци. В предходни статии са описани различните компоненти на системата за измерване, изчисление и регулиране на режимните параметри [1], [2], [3],[6].

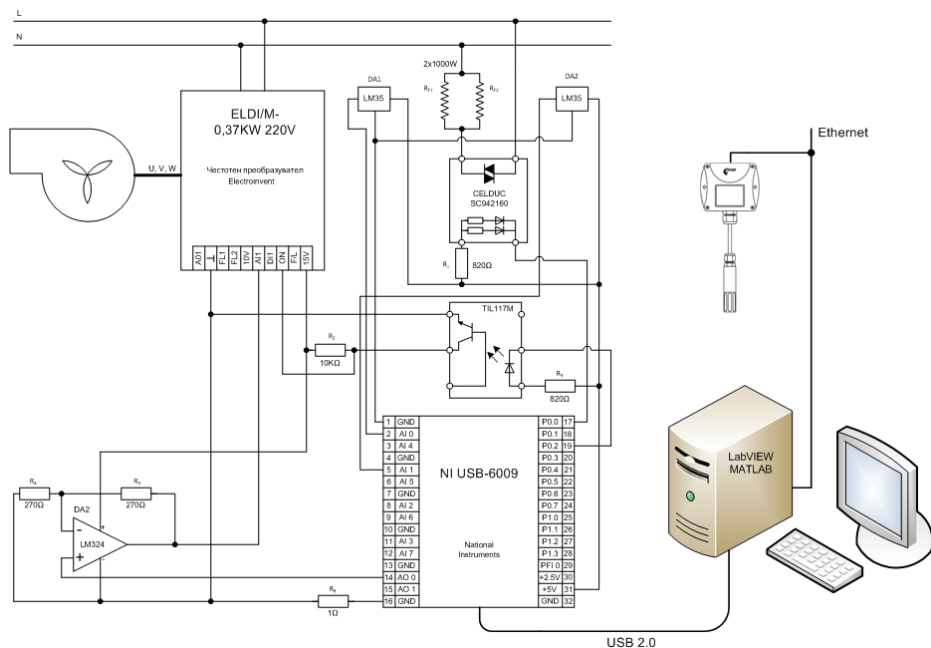
Реализираната система изисква от оператора в началото на сушилният процес да въведе началното влагосъдържание u_0 , равновесното влагосъдържание u_r и крайното влагосъдържание u_{end} на плодовете или зеленчуците. За измерване на необходимите входни параметри на процеса, към структурната схема на системата за контрол на процеса в експерименталната сушилня [3] е добавен трансмитера T7511 [2], регистриращ параметрите на околния въздух, фиг.1. Предимство е наличието на Ethernet порт в сондата, което не налага изменение в съществуващата вече управляваща система, а само чрез подходящ софтуер, да се извлекат данните. Проектът е реализиран чрез графичния език G на развойната и управляваща среда LabVIEW. За управлението е нужно да се знае колко е моментното влагосъдържание Y_a и температурата T_a на атмосферния въздух. Трансмитерът директно измерва T_a , а изчислението на Y_a се извършва в средата LabVIEW, използвайки аналитичната зависимост

$$P_{ws} = e^{\frac{(77,345+0,0057(273,15+T_a) - \frac{7235}{273,15+T_a})}{(273,15+T_a)^{8,2}}}$$

$$Y_a = \frac{0,62198 P_{ws}}{P_{at} - P_{ws}}, \quad (1)$$

където P_{at} е измереното атмосферно налягане;

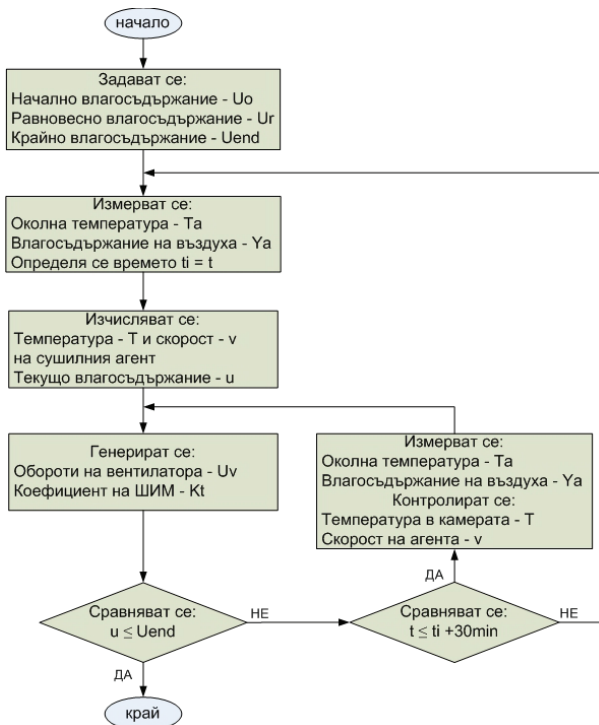
P_{ws} - изчисленото парциално налягане на водните пари при температура T_a .



фиг.1. Обобщена схема на системата за управление

Заложеният алгоритъм за управление на процесите в експерименталната сушилна е показан на фиг.2.

След като са дефинирани нужните входни параметри се реализира управлението, а именно изчислението на оптималните стойности на настройваемите параметри на сушилния процес v и T . В общия случай е необходимо да се знае и моментното влагосъдържание u на сушилия материал. За измерването на този параметър се изисква електронна везна, показваща текущата маса на материала. За експерименталните изследвания е използвана везна с клас на точност III, но за мултиплексването на системата върху съществуващи сушилни инсталации, това би създавало значителни неудобства. Избран е подходът за моделиране на кривите на сушене [5], който намалява много времето и средствата за модернизация на съществуващи сушилни камери за конвективно сушене. Синтезираните модели са адекватни и се ползват за аналитично определяне на моментното влагосъдържание-и на материала. Използвайки генетичния алгоритъм, заложен в Global Optimization Toolbox на програмния продукт MATLAB, се изчисляват нужните стойности на параметрите v и T на сушилния агент за период от 30min. Използваният сорс код, вграден като скрипт на MATLAB в управляващата среда LabVIEW, е показан на фиг.3.



фиг.2. Блок схема на алгоритъма за управление

```

function [x, u]=pusk_HB (Ta, Ya, ut, ur)
options=gaoptimset;
options=gaoptimset(options, 'StallTimeLimit', 400);
options=gaoptimset(options, 'MutationFcn', @mutationadaptfeasible);
[x, fval]=ga(@sush_opt, 2, [], [], [], [], [0.2 50], [2 80], [], options);
k=1.5919*10^(-5)+6.9358*10^(-5) .*T-0.0019 ./v+4.0082*10^(-4) ./ (v^2);
n=-14.0559*v^2*exp(-0.7372*v)/T+1,8406*exp(-13.8357/T);
u=(ut-ur) *exp(-(k*30)^n)+ur;
display(x (1) );display(x (2) );display(u)

function F=sush_opt(X)
v=X(1); T=X(2);
k=1.5919*10^(-5)+6.9358*10^(-5) .*T-0.0019 ./v+4.0082*10^(-4) ./ (v^2);
n=-14.0559*v^2*exp(-0.7372*v)/T+1,8406*exp(-13.8357/T);
u=(v*(T-Ta) *(1.005+1.863*Ya) *30*60)*0.001;
C=-0.0023 .*T .*T+0.2955 .*T-8.3746;
Q=1 ./C;
F=1*J+2000*u+200*Q;
display(J);
display(u);
display(F);
display(X);
end

end
    
```

фиг.3. Сорс код на програмния модул в MATLAB

В оптимизационния цикъл се предвижда и изчисляване на новата стойност на параметъра u , която се получава в края на процеса (след 30min). По този начин се избягва необходимостта от електронна везна, измерваща масата и последващо изчисление на влагосъдържанието.

Следваща стъпка от алгоритъма на работа на системата е генерирането на управляващите въздействия към сушилнията. Регулирането на температурата T на сушилния агент е реализирано чрез ШИМ на един (P0.0) от цифровите изходи на модула USB-6009 [6]. Посоченият изход управлява нагревателите за изменение на температурата. Избран е период на ШИМ-а 10s, което ни позволява прецизно изменение на температурата. Програмата изчислява и изменя коефициента на запълване на ШИМ, а това от своя страна изменя температурата на агента, постъпващ в камерата. За изменение на скоростта v на агента се ползва аналогов изход AO.0 на модула USB-6009. Променяйки напрежението на аналоговия изход се изменя честотата на изходното напрежение на честотния преобразувател. Известна е линейната зависимост на оборотите на електродвигателя от честотата, генерирана от инвертора ELDI/M, а чрез проведените измервания е потвърдена и линейната зависимост на скоростта на въздушния поток от честотата [3], [6]. За пускането на инвертора в действие се използва цифров изход P0.2 на модула USB-6009. Основните консуматори на енергия в сушилнията са електродвигателят и нагревателите. Реализирано е галваническо разделяне на тези консуматори от управляващата логика и персоналния компютър.

За край на сушилния процес се приема изпълнението на условието $u \leq u_{end}$, което u_{end} операторът предварително е въвел. Ако не е изпълнено условието, то програмата ще реализира вътрешния цикъл на регистриране на моментните стойности на атмосферния въздух T_a и Y_a и на температурата T и скоростта v на сушилния агент. Тези стойности се записват във файл, което позволява последващ анализ за хода на сушилния процес.

В продължение на 30min програмата ще поддържа изчислените стойности на параметрите на агента T и v . Избрана е тази продължителност, тъй като управляемите температурно-влажностни процеси в сушилната камера са бавни, а и не настъпват съществени изменения на атмосферния въздух за този период. Изтичането на времеви интервал ще предизвика задействане на външния цикъл на алгоритъма. Ще се измерят текущите стойности на параметрите на атмосферния въздух T_a и Y_a и ще се прехвърли моментното влагосъдържание u , като нови стойности за оптимизация в скрипта на MATLAB. В резултат ще има изчислени нови стойности на параметрите T и v , които ще се поддържат в продължение на следващите 30min.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическото използване на създадената система позволява контрол и управление на процесите в лабораторната сушилна и последващия анализ на получените резултати. Направените промени завършват с интегриране в LabView на MATLAB скрипта за оптимално управление на сушилния процес. Всички текущи стойности на параметрите при сушенето се записват за последващ анализ. Чрез заложения критерий за оптимално управление е затворен цикъла на управление. С разработената система за управление могат да се реализират процеси с високо качество на готовата продукция, намаление на енергийни разходи и различна продължителност на процеса сушене.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Valov Nikolay, Donka Ivanova, Valentin Stoyanov. INFORMATION TOOLS FOR DRYIER FOR FRUITS AND VEGETABLES. IN: SIELA 2012, XVIIth International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, Sofia, 2012.
- [2] Вълв Н., В. Стоянов, Д. Иванова. Система за събиране на данни от експериментална сушилна. В: Научни трудове на Русенския университет, Русе, Печатна база при Русенски Университет "А.Кънчев", 2010, стр. 90-95, ISBN 1311-3321.
- [3] Вълв, Н., Д. Иванова, В. Стоянов, И. Вълва. Система за контрол и управление на процеса в експериментална сушилна. В: Научни трудове на Русенския университет, Русе, Печатна База при Русенски Университет, 2011, стр.163-169, ISBN 1311-3321.
- [4] Иванова Д., Н. Вълв, В. Стоянов. Дефиниране на критерии за оптимално управление на процеса сушене на кайсии.// Хранително-вкусова промишленост, 2012, брой 3, стр. 38-41, ISSN 1311-0179.
- [5] Иванова, Д., Н. Вълв, В. Стоянов, И. Вълва. Моделиране кинетичните криви на сушене на кайсии, В: Научни трудове на Русенския университет, Русе, Печатна База при Русенски Университет, 2011, стр.170-174 , ISBN 1311-3321.
- [6] Христозов, С., Н. Вълв, Д. Иванова, В. Стоянов. Контрол на параметрите в експериментална сушилна. В: Студентска научна сесия, Русенски университет "Ангел Кънчев" - СНС'11, Русе, 2011.

За контакти:

Николай Вълв, катедра "Автоматика и мехатроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: +359 82 888266, e-mail: npvalov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.