

## STEROWANIE AUTOMATYCZNE AUTONOMICZNYM APARATEM UDOJOWYM\*

Henryk Juszka, Marcin Tomasiak, Stanisław Lis, Grzegorz Haczyk

*Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

**Streszczenie.** Przedstawiono aplikację sterującą autonomicznym aparatem udojowym za pomocą programowalnego sterownika logicznego. Najważniejszym sygnałem wejściowym dla systemu sterującego jest chwilowe objętościowe natężenie wypływu mleka ze strzyka wymienia krowy. Algorytm sterujący zaprogramowano w programie CoDeSys na sterowniku PLC Moeller. Wstępne badania systemu sterującego wykazały jego poprawność i zadowalającą szybkość działania.

**Słowa kluczowe:** aparat udojowy, regulacja podciśnienia, sterownik PLC

### Wstęp

Istotą automatycznego sterowania autonomicznym aparatem udojowym jest regulacja wartości podciśnienia w komorze podstrzykowej kubków udojowych, skorelowana z chwilowym objętościowym natężeniem wypływu mleka ze strzyka wymienia krowy. Jest to pierwszy etap w kierunku dostosowania parametrów doju maszynowego do cech osobniczych krów.

W pracach naukowych na temat pozyskiwania mleka od krowy, wielokrotnie podkreślano, że każda ćwiartka wymienia krowy charakteryzuje się inną charakterystyką oddawania mleka [Ewy 1989; Jędrus, Lipiński 2008; Szlachta 1987]. Optymalnym rozwiązaniem będą rozwiązania techniczne umożliwiające traktowanie każdego strzyka wymienia krowy autonomicznie, zarówno w zakresie podciśnienia panującego w komorze podstrzykowej, jak również parametrów pulsacji ciśnienia w komorze międzyściennej (pulsacyjnej) kubka udojowego [Lis i in. 2010].

W Katedrze Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie trwają prace nad autonomicznym aparatem udojowym o nowej konstrukcji kolektora z niezależnymi pomiarami natężenia wypływu mleka z każdego strzyka i rozdziałem podciśnienia transportowego od ssącego [Juszka i in. 2007].

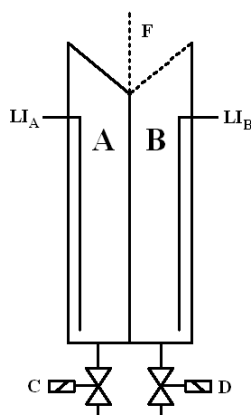
Celem pracy było opracowanie programu sterującego autonomicznym aparatem udojowym za pomocą programowalnego sterownika logicznego PLC.

---

\* *Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego nr N N313 154435.*

### Pomiar chwilowego objętościowego natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy

Jednym z najważniejszych pomiarów, wykorzystywanym do sterowania autonomicznym aparatem udojowym jest pomiar chwilowego objętościowego natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy. Na rys. 1 przedstawiono poglądowy schemat układu pomiarowego stanowiącego osprzęt elektronicznego aparatu udojowego. Ponadto w każdej komorze mierzone jest podciśnienie mikroczujnikami ciśnienia absolutnego.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Układ pomiarowy aparatu udojowego, gdzie: F – przepustnica; LI<sub>A</sub>, LI<sub>B</sub> – czujniki poziomu; A, B – komory mleczne; C, D – elektrozawory

Fig. 1. Measurement system for the milking machine, where: F – throttle valve; LI<sub>A</sub>, LI<sub>B</sub> – level sensors; A, B – milk chambers; C, D – electro-valves

Chwilowe objętościowe natężenie wypływu mleka  $q$  ze strzyka wymienia krowy wyznaczane jest wg następującej zależności (1):

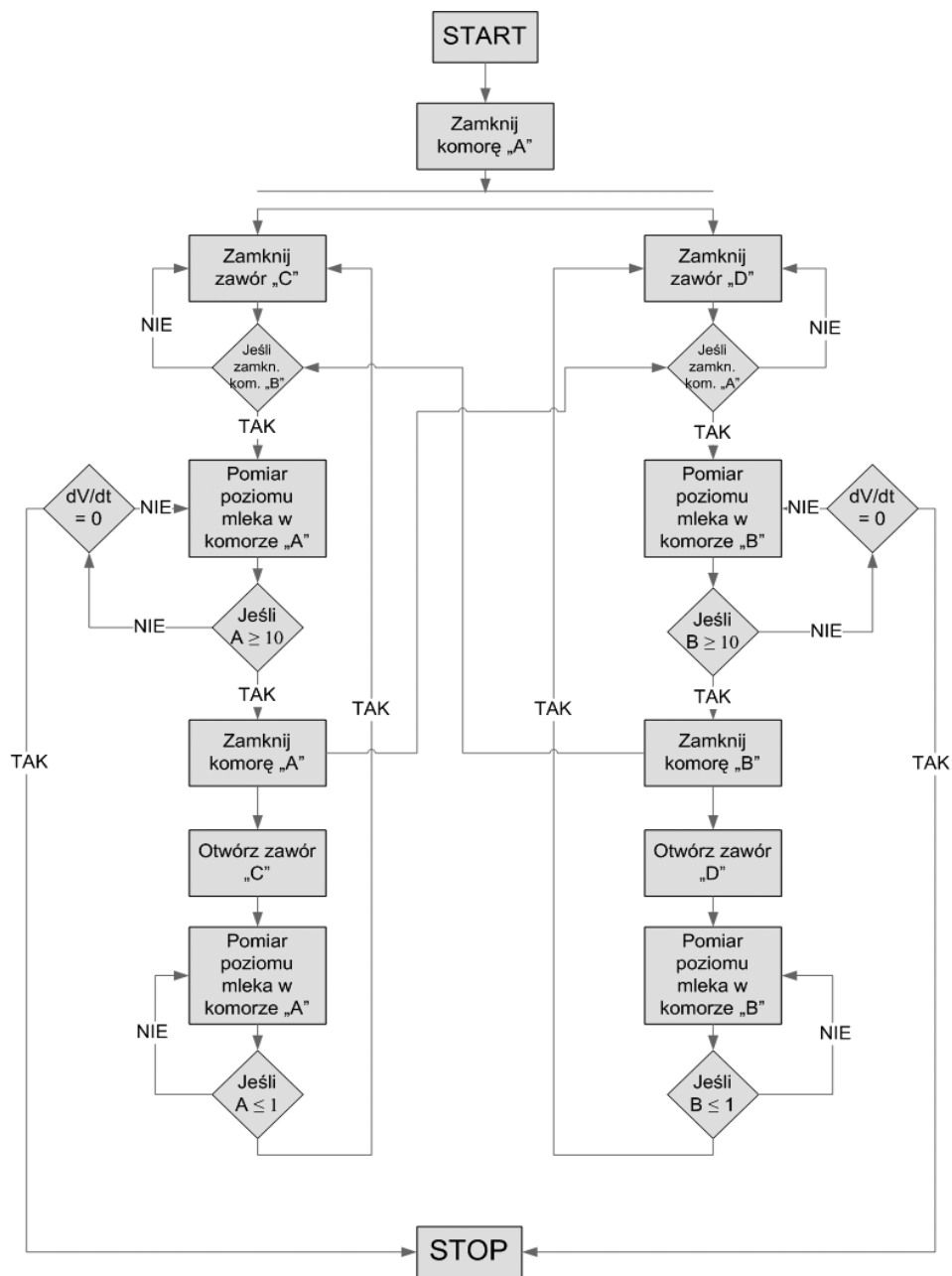
$$q = A \frac{dh}{dt} \quad (1)$$

Przyjęto następujące założenia konstrukcyjne:

- pole przekroju poprzecznego komory mlecznej kolektora  $A$  w zakresie pomiarowym czujnika poziomu jest stałe,
- zmiana natężenia wypływu mleka wynika wyłącznie ze zmiany poziomu  $h$  mleka w komorze kolektora po czasie  $t$ .

#### Algorytm programu sterującego kolektorem

Konieczne do zaprogramowania sterownika logicznego było opracowanie algorytmu opisującego logikę sterowania autonomicznym aparatem udojowym (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Algorytm programu sterującego kolektorem autonomicznego aparatu udojowego  
 Fig. 2. Algorithm of the application controlling the independent milking machine collector

Cykl pracy kolektora rozpoczyna się od zamknięcia komory A, następnie uruchamiane są dwa etapy współbieżne, gdzie na wstępie zamykane są zawory D i C (aby nie dostało się podciśnienie transportowe pod strzyk). Po zamknięciu komory A inicjowany jest cykl pomiaru poziomu mleka w komorze B, aż do całkowitego napełnienia tej komory. Z chwilą kiedy w komorze osiągnany jest poziom maksymalny następuje przełączenie przepustnicy kierującej mleko do drugiej komory. Napełniona wcześniej komora jest opróżniana z mleka po otwarciu zaworu odpływowego. W sposób ciągły wyznaczane jest chwilowe objętościowe natężenie wypływu mleka ze strzyka – jeżeli jego wartość osiągnie 0 przerywany jest proces doju.

### Program sterujący autonomicznym aparatem udojowym

Zapis programu sterującego przedstawiono na rys. 3. Lista umieszczona z lewej strony w wierszach od 0002 do 0025 zawiera deklarację zmiennych. W wierszu 0019 i kolejnych zadeklarowano zmienne wykorzystywane do obliczania wartości chwilowego objętościowego natężenia wypływu mleka ze strzyka wymienia krowy. W kolumnie z prawej strony zamieszczono program sterujący, wiersze 0001–0028 odpowiadają za sterowanie kolektorem, a więc przełączanie przepustnicy, zamykanie i otwieranie zaworów odpływowych.

```

0001|PROGRAM PLC_PRG
0002|VAR
0003|   zbiornik: UINT;
0004|   zbiornik_A: UINT;
0005|   zbiornik_B: UINT;
0006|   licznik_napelnien AT %MB10: BYTE;
0007|   zamkniecie_komory_A AT %QX0.0: BOOL;
0008|   zamkniecie_zaworu_C AT %QX0.3: BOOL;
0009|   zamkniecie_komory_B AT %QX0.1: BOOL;
0010|   zamkniecie_zaworu_D AT %QX0.2: BOOL;
0011|   otwarcie_komory_A AT %QX0.3: BOOL;
0012|   otwarcie_komory_B AT %QX0.2: BOOL;
0013|   otwarcie_zaworu_C AT %QX0.0: BOOL;
0014|   otwarcie_zaworu_D AT %QX0.1: BOOL;
0015|   Przetwornik_podcisnienia: REAL;
0016|   Wezel_sumujacy: REAL;
0017|   Zadajnik: REAL;
0018|   Zawor: REAL;
0019|   Qm: REAL; ("natężenie wypływu [dm3/s]")
0020|   p: REAL;
0021|   h: REAL; ("poziom cieczy [dm]")
0022|   d: REAL; ("pole powierzchni [dm2]")
0023|   V: REAL; ("objętość [dm3]")
0024|   t: REAL; ("czas [s]")
0025|END_VAR

0001|zbiornik:=zbiornik+1;
0002|IF zbiornik=100 THEN
0003|zbiornik:=0;
0004|licznik_napelnien:=licznik_napelnien+1;
0005|END_IF
0006|
0007|zbiornik_A:=zbiornik;
0008|zbiornik_B:=zbiornik;
0009|
0010|IF zbiornik_A < 50
0011|THEN zamkniecie_komory_A=TRUE;
0012|ELSE zamkniecie_komory_A=FALSE;
0013|END_IF
0014|
0015|IF zbiornik_B > 50
0016|THEN zamkniecie_komory_B=TRUE;
0017|ELSE zamkniecie_komory_B=FALSE;
0018|END_IF
0019|
0020|IF zbiornik_A < 50
0021|THEN zamkniecie_zaworu_D=TRUE;
0022|ELSE zamkniecie_zaworu_D=FALSE;
0023|END_IF
0024|
0025|IF zbiornik_B > 50
0026|THEN zamkniecie_zaworu_C=TRUE;
0027|ELSE zamkniecie_zaworu_C=FALSE;
0028|END_IF
0029|
0030|Przetwornik_podcisnienia:=1;
0031|Wezel_sumujacy:=p - Przetwornik_podcisnienia;
0032|h:=5; ("z czujnika [dm]")
0033|d:=0.09; ("[dm2]")
0034|V:=d * h; ("[dm3]")
0035|t:=0.5; ("[s]")
0036|Qm:=V / t; ("[dm3/s]")
0037|
0038|IF Qm > 0.0008 THEN ("zadawane natężenie kg/s ")
0039|p:=67; ("ciśnienie bezwzględne zadane, kPa")
0040|ELSE
0041|p:=58; ("zadane ciśnienie bezwzględne, kPa")
0042|END_IF

```

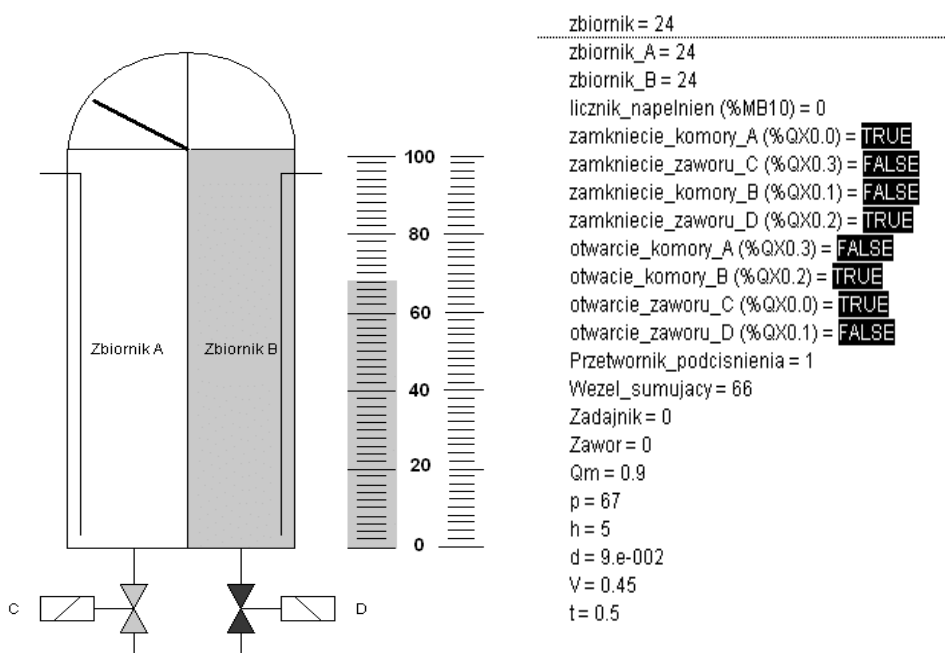
*Źródło: opracowanie własne*

Rys. 3. Program sterujący kolektorem autonomicznego aparatu udojowego  
Fig. 3. Application controlling the independent milking machine collector

Następną częścią programu jest sterowanie ciśnieniem bezwzględnym, które jest zadawane do komory podstrzykowej kubka udojowego. Sterowanie podciśnieniem zamieszczono w wierszach 0030–0042, ciśnienie jest regulowane w zależności od aktualnego  $Q_m$  (natężenie wypływu mleka w  $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ), jego obliczanie realizowane jest pomiędzy 0032–0036.

### Weryfikacja programu sterującego

Przeprowadzono badania doświadczalne programu sterującego, które miały na celu sprawdzenie poprawności działania programu. Program testowano na sterowniku Moeller-XC101 z elektronicznym modułem odzwierciedlającym układ wejść/wyjść rzeczywistego obiektu. Testy programu wykazały logiczną poprawność jego działania. Czasy wykonywania operacji arytmetycznych i logicznych nie ograniczają szybkości sterowania aparatem udojowym. Na rys. 4 przedstawiono przykładowy zrzut ekranu zarejestrowanego podczas testów. Widoczna jest prosta wizualizacja obrazująca procesy zachodzące w kolektorze aparatu udojowego oraz aktualne stany zmiennych w programie sterującym.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Działanie programu sterującego kolektorem autonomicznego aparatu udojowego  
 Fig. 4. Operation of the application controlling the independent milking machine collector

## Podsumowanie

Opracowana aplikacja w programie CoDeSys umożliwia sterowanie autonomicznym aparatem udojowym. Przedstawione rozwiązanie oddzielające podciśnienie transportowe pochodzące z instalacji mlecznej od podciśnienia panującego w komorze podstrzykowej kubka udojowego, wyeliminuje niekontrolowane zmiany podciśnienia w tej komorze, dodatkowo dwukomorowa konstrukcja kolektora pozwala wyznaczać chwilowe objętościowe natężenie wypływu mleka z każdego strzyka krowy niezależnie. Stąd algorytm programu z instrukcjami warunkowymi IF umożliwia dobór zadanej wartości podciśnienia na podstawie wypływu mleka ze strzyka krowy.

## Bibliografia

- Ewy Z. 1989. Zarys fizjologii zwierząt. PWN. Warszawa. ISBN 83-01-07085-4.
- Jędrus A., Lipiński M. 2008. Analiza funkcjonalna nowego aparatu udojowego. Inżynieria Rolnicza. Nr 4(102). Kraków. s. 337-345.
- Juszka H., Lis S., Tomasiak M. 2007. Sterowanie ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym dla krów. Inżynieria Rolnicza. Nr 7(95). Kraków. s. 45-52.
- Lis S., Juszka H., Tomasiak M. 2010. Sterowanie podciśnieniem w autonomicznym aparacie udojowym. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(123). Kraków. s. 129-135.
- Szlachta J. 1987. Badania przebiegu i równomierności wydajania ćwiartek wymienia krowy w dojarni z urządzeniem Duovac. Roczn. Nauk Rol. Tech. Rol. Tom 77-C-2. s. 33-43.

## AUTOMATIC CONTROL OF THE INDEPENDENT MILKING MACHINE

**Abstract.** The paper presents an application which controls the independent milking machine via a programmable logic controller. The most important input signal for the control system is the temporary volumetric intensity of milk outflow from a cow udder teat. The Control algorithm has been programmed in the CoDeSys application using Moeller PLC controller. Preliminary control system tests have proved its correctness and satisfactory operation rate.

**Key words:** milking machine, negative pressure control, PLC controller

### Adres do korespondencji:

Henryk Juszka; email: Henryk.Juszka@ur.krakow.pl  
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków