

## **Konstrukcja i sterowanie automatycznego dystrybutora napojów**

**Opracował:**  
**inż. Bartosz Bączek – Politechnika Śląska, Gliwice**



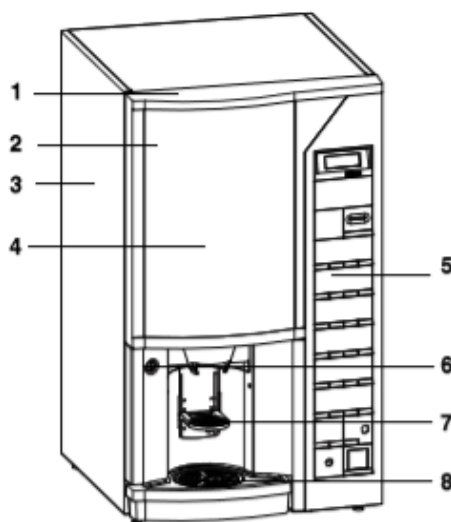
## **1. Analiza wzorcowego dystrybutora**

Branża dystrybutorów i automatów sprzedających jest obecnie jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi biznesu. Coraz częściej można się natknąć na nie w takich miejscach jak dworce, szpitale, czy szkoły. Maszyny tego rodzaju coraz częściej pozwalają na kupno niestandardowych produktów przyciągających uwagę klienta[1]. Sytuacja taka wymaga od programistów i konstruktorów poszukiwania coraz to nowszych metod rozwiązywania problemów związanych z mechanizmami wykorzystywanymi w dystrybutorach, czy też z ich sterowaniem.

Celem tego artykułu jest analiza obecnie istniejących maszyn wydających różnego rodzaju produkty. W kolejnej części przedstawiono konstrukcje i sposób sterowania własnoręcznie zbudowanym dystrybutorem napojów.

### **1.1 Analiza konstrukcji automaty do kawy Gallery 310 marki Dougwe- Egberts**

Zadaniem automatu jest wydawanie użytkownikowi określonego, wybranego przez niego rodzaju kawy. Czynność ta wykonywana jest po uiszczenia przez użytkownika z góry określonej opłaty. Jest to automat wyższej klasy – wyposażony jest m. in. w młynek do kawy, co pozwala na parzenie świeżego napoju. Urządzenie to ma zaledwie 230mm wysokości – oznacza to, że dla wygodnego stosowania musi on być postawiony na wybranym podwyższeniu (np. stoliku).



Rys. 1.1 Widok ogólny dystrybutora Gallery 310 [2]

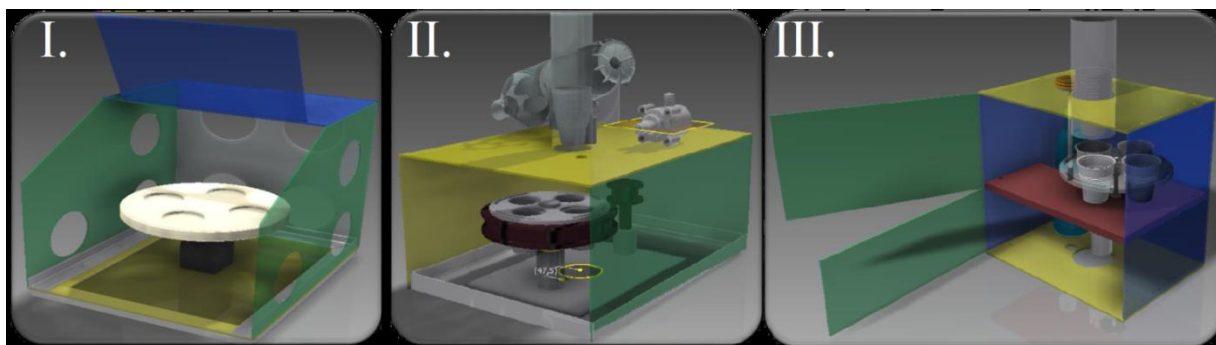
Na rysunku powyżej przedstawiono wygląd zewnętrzny urządzenia. Kolejne numery odpowiadają odpowiednio: 1 – drzwiczki, 2- przezroczysta szyba, 3 – obudowa, 4- miejsce na opcjonalną reklamę, 5- panel operatorski, 6- zamek do drzwi, 7- oparcie dla kubków, 8- zbiornik na rozlany płyn. Pomimo małych rozmiarów i względnie prostej budowy, automat pozwala na sporządzenie nawet 8 rodzajów kawy, o różnej ilości zawartych w niej dodatków, takich jak zawartość mleka i cukru.

Wewnątrz automatu znajduje się także obrotowy magazyn kubków, na którym wzorowano się przy konstrukcji własnego dystrybutora. Magazyn posiada pojemność nawet do 25 kubków. Mechanizm opadania kubków wykorzystuje specjalnie wykonane krzywki, przypominające swoim kształtem ślimaka. Każdy pełen obrót krzywki powoduje opadnięcie jednego kubka. Liczba takich krzywek dla tego konkretnego dystrybutora wynosi 4, ale może ona być różna w zależności od wybranej konstrukcji.

## 2. Konstrukcja automatycznego dystrybutora napojów

### 2.1 Warianty konstrukcyjne dystrybutora

Na etapie projektowania urządzenia stworzono 3 koncepcje maszyny różniące się między sobą wyglądem i funkcjonalnością. Każda konstrukcja została zgrubnie zamodelowana w programie CADowskim Autodesk Inventor, a następnie metodą optymalizacji punktowej wybrano najkorzystniejszy wariant. Modele dystrybutorów zaprezentowano na rys. 2.2.



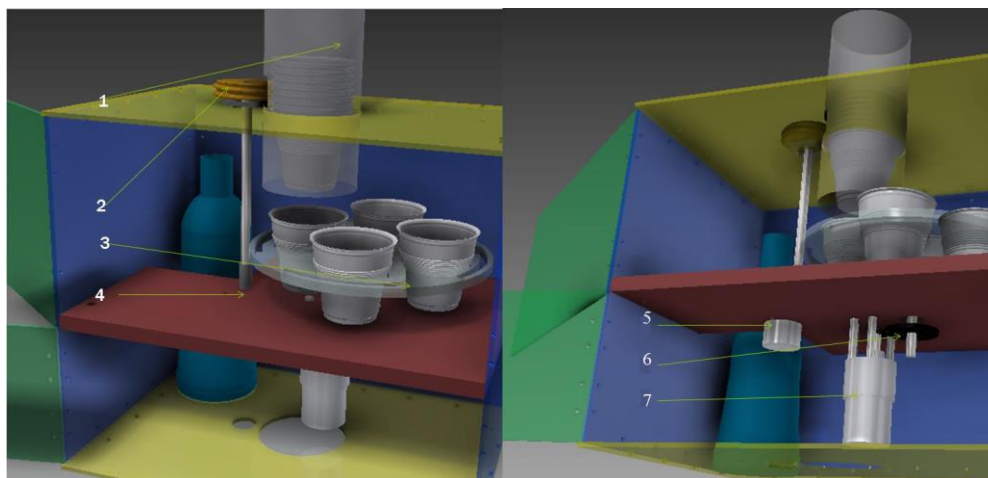
Rys. 2.1 Trzy koncepcje dystrybutora.

Koncepcja pierwsza jest najbardziej prymitywna. Posiada ona najmniejszą ilość komponentów, nie posiada wielu funkcji które dodane zostały w dwóch kolejnych modelach, a także nie posiada sprecyzowanych detali dotyczących rozwiązań konstrukcyjnych konkretnych podzespołów (np. nie określa sposobu przenoszenia napędu z wału silnika, na wał obracający tarczą z kubkami). Zakłada ona ręczne umieszczanie kubków w urządzeniu, nie posiada żadnego magazynu, pozwalającego na chowanie kubków i nie precyzuje metody nalewania płynu do kubków.

Kolejna koncepcja (druga) jest już o wiele bardziej zaawansowana technicznie. Dzięki umieszczeniu w górnej części urządzenia długiej tuby, możliwe było magazynowanie kubków. Przy zastosowaniu dodatkowego komponentu w postaci krzywki i napędzającego ją silnika możliwe było zautomatyzowanie procesu podawania kubków do urządzenia. Charakterystyczną cechą koncepcji jest sposób przenoszenia napędu z wału silnika, na obrotową tarczę – założono użycie przekładni pasowej z pasem ząbkowanym, aby uniknąć poślizgu pasa na kole. Ostatecznie okazało się to jednak niemożliwe, z powodu braku możliwości umieszczenia dodatkowego koła pasowego umożliwiającego regulację napinania pasa, bez pokaźnego zwiększenia gabarytów urządzenia.

Koncepcja trzecia jest koncepcją finalną i to ona została uznana za najlepszą. Posiada ona mechanizm podawania kubków, który umożliwia pełną automatyzację tego procesu. Rozwiązanie to było wzorowane na opisanym wcześniej profesjonalnym dystrybutorze kawy. Moment obrotowy z silnika jest przenoszony na tarczę z kubkami za pomocą koła zębatego. Podobny sposób przenoszenia momentu wykorzystano w podajniku kubków. Na rys. 2.2 przedstawiono model zwycięskiej koncepcji w zbliżeniu, pozwalającym ujrzeć większą ilość szczegółów. Wykaz części widocznych na rysunku jest następujący: 1- podłużna tuba wykonana z tworzywa sztucznego pełniąca rolę magazynu kubków. Posiada ona prostokątną kieszeń w połowie swej wysokości, dzięki czemu krzywka w kształcie krótkiego ślimaka oznaczona jako element 2, może powodować opadanie kubeczków jeden po drugim. Część nr 3 to tarcza z wyfrezowanymi otworami, która służy do zmiany położenia kubków (ich obrotu w osi tarczy). Komponent 4 to zestaw ośki na której zamocowano krzywkę i sprzęgła łączącego ośkę z wałem silnika.

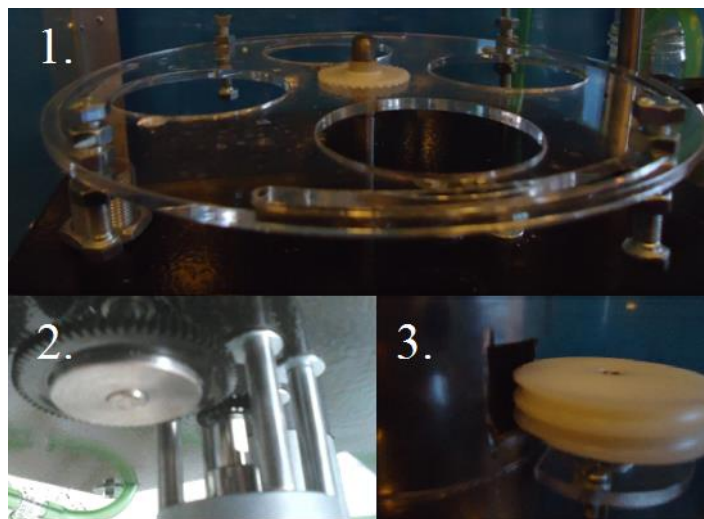
Po prawej stronie rysunku przedstawiono dolną część dystrybutora. Głównymi elementami znajdującymi się tam są części elektryczne: 2 silniki i pompa. Nr 5 to mały silnik komutatorowy z magnesem stałym napędzający oś ze ślimakiem. Element 6 jest przekładnią zębatą redukującą prędkość obrotową tarczy z kubkami, względem napędzającego ją wału, oznaczonego jako nr 7.



Rys. 2.2 Zwycięska koncepcja dystrybutora

## 2.2 Charakterystyka podzespołów dystrybutora

Maszynę, ze względu na konstrukcję można podzielić na 4 podstawowe i niezależne od siebie podzespoły. Są one następujące: mechanizm przemieszczania kubków, mechanizm podawania kubków, układ rozlewczy i obudowe.



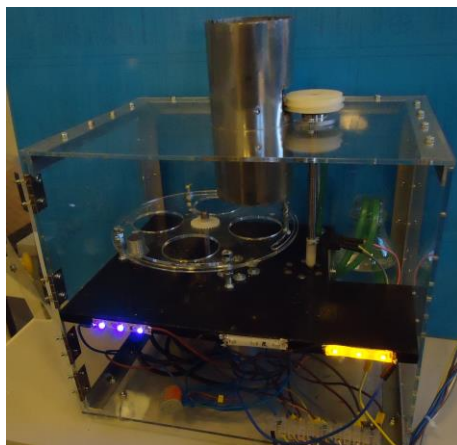
Rys. 2.3 Wybrane elementy dystrybutora

Mechanizm przemieszczania kubków, jak sama nazwa wskazuje, służy do obracania okrągłą tarczą, wraz z wywierconymi w niej otworami. Jest ona napędzana silnikiem, który sprzężono z wałem tarczy za pomocą przekładni zębatej (rys. 2.3.2). Tarcza została wykonana techniką cięcia laserem ze szkła akrylowego. Jako że w tarczy znajdują się 4 otwory, tarcza może jednocześnie przenosić cztery kubki. W jednym pełnym cyklu pracy tarcza wykonuje 4 obroty o  $90^{\circ}$ . W kolejnych

pozycjach następuje: opuszczenie kubka z magazynu do otworu, napełnienie kubka napojem i odbiór przez użytkownika kubka z napojem. Zdjęcia tarczy znajduje się na rys. 2.3.1.

Na mechanizm podawania kubków składają się takie elementy jak: magazyn kubków, krzywka i jej napęd. Magazyn kubków jest podłużną 200mm rurą, w której znajdują się kubki. Pojemność magazynu wynosi 45 kubków. W magazynie na około połowie jego wysokości znajduje się prostokątna kieszeń, w której częściowo umieszczona jest krzywka. Miejsce to widać na rys. 2.3.3. Kubki pozostają nieruchome i nie opadają dopóki ślimak nie zacznie wykonywać obrotów wokół swojej osi. W momencie rozpoczęcia obrotów na każdy obrót ślimaka o  $360^{\circ}$ , przypada opadnięcie jednego kubka. Moment obrotowy jest przenoszony na ślimaka w podobny sposób jak w przypadku tarczy – jest on sprzężony z małym silnikiem za pomocą przekładni zębatej. W urządzeniu przewidziano stosowanie wyłącznie jednego rodzaju kubków (małe kubki degustacyjne).

Układ rozlewania napoju jest jednym z najważniejszych, a jednocześnie najbardziej podatnym na uszkodzenie mechanizmów w urządzeniu. Jego podstawowym zadaniem jest przepompowywanie napoju ze zbiornika do kubków w określonej ilości. Niebezpieczeństwo działania tego układu przejawia się w potencjalnej możliwości zalania urządzenia w przypadku awarii. Na jeden pełny cykl pracy urządzenia składa się 4-krotne uruchamianie pompy.



Rys. 2.4 Kompletny dystrybutor

Podstawową częścią układu jest zbiornik z płynem. Jest to w zasadzie dowolne naczynie (np. mała butelka) o pojemności 400ml. W naczyniu znajdują się 2 przewody – jeden z nich prowadzi do pompy, która tworząc podciśnienie pompuje płyn, pozwalając na jego dalszy obieg w układzie



Rys. 2.5 Schemat obiegu płynu w dystrybutorze

Ponieważ ciśnienie generowane przez pompę jest bardzo duże, konieczne było zredukowanie ilości napoju znajdującej się w układzie. Dokonano tego, włączając do obiegu trójnik, który był połączony kolejno z: pompą, drugim przewodem prowadzącym do zbiornika i z

wylotem do kubka. Na wylocie znajduje się dodatkowo zawór regulacyjny, dzięki któremu można regulować ilość płynu nalewaną do kubeczka (rys. 2.5).

Obudowa została wykonana ze szkła akrylowego i podobnie jak tarcza na kubki, została wycięta laserem. Płyty są połączone ze sobą za pomocą kątowników aluminiowych. Całość obudowy jest przezroczysta, co pozwala na dokładną obserwację mechanizmów znajdujących się wewnątrz urządzenia.

### **3. Układ sterowania automatycznego dystrybutora napojów**

#### **3.1 Panel sterowania automatycznego dystrybutora napojów**

Komunikacja między dystrybutorem, a użytkownikiem jest możliwa za pośrednictwem panelu dotykowego „Power Panel 65” firmy B&R. W projekcie wykorzystano także niektóre grafiki, pochodzące z przykładowego programu „Coffe Machine” na to urządzenie. Menu sterowania wyświetlane jest w rozdzielczości 240x320.



Rys. 3.1 Ekran panelu operatorskiego dystrybutora napojów

Użytkownik może wpływać na zachowanie urządzenia za pośrednictwem 9 guzików widocznych na ekranie i jednym dodatkowym przycisku awaryjnego stopu, który jest niezależny od działania ekranu (rys. 3.1.1). Wciśnięcie guzika OBRÓT spowoduje obrót tarczy z kubkami o 90°. Funkcjonalność tę zrealizowano za pomocą czujnika wykrywającego jedną z czterech śrub, znajdujących się na obrębie tarczy rozmieszczonych co 90°. Kolejna grupa przycisków: WODA, ESPRESSO, LATTE i MOCHA odpowiada za symulacje nalewania odpowiedniego rodzaju kawy. Jest to sygnalizowane za pomocą kombinacji trzech diód znajdujących w przedniej części urządzenia. Przyciski na których znajdują się liczby od 1 – 4 oznaczają liczbę kubków jaką chcemy napełnić. Naciśnięcie któregoś z nich powoduje uruchomienie urządzenia. W czasie działania można je zatrzymać tylko w jeden sposób – za pomocą przycisku awaryjnego STOPu znajdującego się na bocznej ścianie Power Panelu (rys 3.1.2).

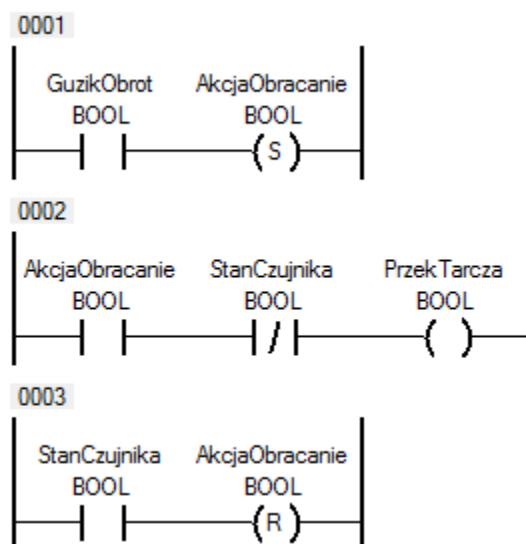
W dystrybutorze nie przewidziano możliwości programowego określenia ilości dozowanego płynu, ale istnieje możliwość jej regulacji za pomocą wspomnianego wcześniej regulatora przepływu.



### 3.2 Implementacja programu dystrybutora

Cały program urządzenia realizowany jest przez sterownik PLC X20 CP1485 firmy B&R. Dzięki temu, że oba te urządzenia są dla siebie dedykowane, programowanie urządzenia nie nastrocza żadnych problemów. Środowiskiem programistycznym, w którym stworzono program było Automation Studio 3.0.

Sterownik PLC sterował pompą, diodami i napędami za pośrednictwem 8 przekaźników. Informacje z otoczenia pobierał za pomocą czujnika indukcyjnego (kontrola położenia tarczy) i mikrostryku (kontrola położenia krzywki).



Rys. 3.2 Fragment programu, odpowiadający za obracanie tarczy

Program na urządzenie został napisany w języku LD. Jest to najpopularniejszy sposób programowania sterowników PLC i może być prosto zmodyfikowany.

Algorytm sterowania urządzeniem i komunikacja za pośrednictwem ekranu dotykowego sprawdza się bez zarzutów. Panel kontrolny posiada wszystkie konieczne dla użytkownika funkcje, które pozwalają mu na obsługę maszyny. Nasuwającym się usprawnieniem programu jest umożliwienie ilości nalewanego płynu, z poziomu ekranu dotykowego. Należałoby także zrezygnować ze sterownika PLC na rzecz np. mikrokontrolera. Tymczasem jednak urządzenie spełnia swoje zadanie i nadaje się do użytku.

### **Bibliografia** *(Cambria, rozmiar. 14, pogrubienie)*

- [1] Duszczyk M., Vending – samoobsługa z perspektywami, 2008,  
[http://forsal.pl/artykuly/102249,vending\\_samoobsługa\\_z\\_perspektywami.html](http://forsal.pl/artykuly/102249,vending_samoobsługa_z_perspektywami.html), [11.05.2015]
- [2][http://www.douweegbertsprofessional.com/Documents/Downloads/Manuals/Coffee%20Machines/Cafitesse/Cafitesse%2050/75535400\\_1042%20EN%20MANUAL.pdf?epslanguage=en](http://www.douweegbertsprofessional.com/Documents/Downloads/Manuals/Coffee%20Machines/Cafitesse/Cafitesse%2050/75535400_1042%20EN%20MANUAL.pdf?epslanguage=en), [10.05.2015]