

**DOBRZAŃSKI Paweł, ŚMIESZEK Mirosław,
DOBRZAŃSKA Magdalena, KNUREK Tomasz**

AUTOMATYCZNA KONTROLA TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI TOWARÓW W PROCESACH LOGISTYCZNYCH

Streszczenie

Jednym z warunków dobrze zrealizowanego procesu logistycznego jest zapewnienie zalecanych wartości parametrów temperatury i wilgotności w całym łańcuchu dostaw. Artykuł obejmuje zagadnienia związane z kontrolą temperatury i wilgotności w procesach logistycznych, technologią automatycznej identyfikacji RFID oraz przedstawia zrealizowany projekt kontrolera temperatury i wilgotności otoczenia z czytnikiem RFID.

WSTĘP

Wilgotność i temperatura są istotnymi parametrami charakteryzującymi warunki składowania czy przewozu dóbr w łańcuchach dostaw. Wpływają bezpośrednio na jakość i trwałość dużej grupy towarów. Utrzymywanie zalecanych wartości parametrów temperatury i wilgotności w całym łańcuchu, jest jednym z warunków dobrze zrealizowanego procesu logistycznego. W związku z rozwojem handlu międzynarodowego, rosnącymi wymaganiami jakościowymi, oraz dostępem do najnowszej technologii, branża logistyczna jest zmuszona do wdrażania rozwiązań, pozwalających sprostać indywidualnym wymaganiom klienta i obniżyć koszty przepływu dóbr – często wymagających specjalnego traktowania. Odniesienie sukcesu wymaga wykorzystania nowoczesnych technologii w zindywidualizowanych procesach logistycznych. Do grona najnowszych technologii znajdujących zastosowanie w logistyce, w ostatnich latach należy technologia automatycznej identyfikacji radiowej RFID. Coraz większe zastosowanie mają również urządzenia elektroniczne oparte na mikrokontrolerach. Wykorzystuje się je między innymi w układach kontrolno-pomiarowych, w układach automatyki przemysłowej i magazynowej, oraz w telekomunikacji.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zagadnień związanych z kontrolą temperatury i wilgotności powietrza w procesach logistycznych.

1. KONTROLA TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI POWIETRZA W PROCESACH LOGISTYCZNYCH

Jakość i trwałość wielu produktów w bardziej lub mniej bezpośredni sposób zależy od temperatury i wilgotności otoczenia oraz czasu ich przechowywania. Grupami towarów najbardziej wrażliwymi na wpływ temperatury i wilgotności są artykuły spożywcze, szczepionki i lekarstwa. Niezmiernie ważne są również parametry przechowywania i transportu dzieł sztuki, eksponatów muzealnych czy zbiorów archiwalnych i bibliotecznych.

Wpływ na ich kondycję mają osiągnięte minimalne i maksymalne wartości temperatury i wilgotności otoczenia, oraz stabilność tych parametrów.

Obsługa logistyczna odgrywa ważną rolę w procesie dystrybucji żywności. Wiąże się to ze wzrostem międzynarodowej wymiany produktów żywnościowych, a przez to z rosnącym znaczeniem transportu międzynarodowego. W skali globalnej produkcję artykułów spożywczych określa się na około 4,5 miliarda ton. Ponad jedna trzecia z nich, to produkty nietrwałe, które w ramach przedłużenia ich trwałości, poddaje się chłodzeniu w czasie transportu i składowania.

Artykuły spożywcze charakteryzują się różną trwałością. Jednak w każdym przypadku najistotniejszym czynnikiem warunkującym trwałość produktu jest temperatura i wilgotność. Parametry te wpływają na warunki rozwoju drobnoustrojów oraz procesy życiowe zachodzące w żywności [6].

Podstawowymi celami producentów i dystrybutorów żywności z punktu widzenia logistyki, jest zapewnienie wysokiej jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego dostarczanych produktów na każdym szczeblu łańcucha, redukcja kosztów dystrybucji do akceptowalnego poziomu, oraz dostarczenie żywności konsumentom we właściwym czasie, miejscu i ilości.

Duży udział żywności wymagającej ściśle określonej temperatury przechowywania w rynku, generuje zapotrzebowanie na chłodnicze środki transportu. W międzynarodowym transporcie artykułów spożywczych kluczowa jest „Umowa o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych i o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów” [3], skrótowo nazywana umową lub konwencją ATP. Określa warunki transportu żywności i zawiera postanowienia dotyczące:

- procedury badania częściowego i pomiaru temperatur przy przewozach schłodzonych, mrożonych i głęboko mrożonych artykułów spożywczych;
- temperatury przy przewozach niektórych artykułów żywnościowych, które nie są mrożone i głęboko mrożone;
- kontroli temperatury otoczenia przy przewozie;
- kontroli zgodności z normami środków transportu izolowanych cieplnie, chłodzonych niemechanicznie, chłodzonych mechanicznie i ogrzewanych;
- metod i procedur pomiarów oraz kontroli jakości izolacji cieplnej i skuteczności urządzeń chłodniczych lub grzewczych;
- doboru wyposażenia i warunków temperaturowych stosowanych przy przewozie mrożonych i głęboko mrożonych artykułów żywnościowych [7].

Środki transportu z kontrolowaną temperaturą powinny być wyposażone w rejestratory parametrów atmosfery wewnątrz nadwozia. Od rejestratorów wymaga się dokumentacji prawnej i legalizacji według standardów ISO lub homologacji ATP.

Istotnym parametrem w przechowywaniu żywności jest również wilgotność. W systemach chłodniczych dochodzić może do schładzania powietrza poniżej punktu rosy (powietrze zostaje osuszone) i ponownego ogrzania – w efekcie drastycznie spada wilgotność powietrza. Prowadzi to do ususzki – odparowania wilgoci wewnętrznej z produktu i ubytku jego masy, czego skutkiem jest obniżenie jakości produktów spożywczych [8]. Zbyt wysoka wilgotność prowadzi tymczasem do zawilgocenia, zagrzanania lub zbrylania produktów spożywczych. Może powodować korozję opakowań metalowych i negatywnie wpływać na inne rodzaje opakowań. Wysoka wilgotność stwarza też dobre warunki dla rozwoju pleśni i drobnoustrojów.

Kolejnym sektorem, który podlega szczególnie restrykcyjnym wymaganiom jakościowym i prawnym jest sektor farmaceutyczny. Od 2002 roku podmioty łańcucha dostaw farmaceutyków, od etapu produkcji, przez magazynowanie, po dystrybucję hurtową, zobowiązane są realizować zasady Dobrej Praktyki Dystrybucji (DPD) [4]. Jest to kodeks zasad właściwego postępowania podmiotów trudniących się obrotem lekami, z wyłączeniem

detalistów. Kodeks jest napisany pod kątem procesów magazynowo – transportowych i obejmuje [2]:

- zasady przechowywania produktów leczniczych;
- zasady i tryb przyjmowania oraz wydawania produktów leczniczych;
- warunki transportu i załadunku produktów leczniczych;
- utrzymywanie właściwego stanu technicznego i sanitarnego lokalu hurtowni farmaceutycznej;
- prawidłowe prowadzenie hurtowni farmaceutycznej.

Środki farmaceutyczne muszą być przechowywane w należytych warunkach, zapewniających odpowiednią higienę i izolację od warunków zewnętrznych. Ma to na celu zarówno ochronę lekarstw przed działaniem otoczenia – jak i odwrotnie – ochronę otoczenia przed substancjami o bardzo silnym działaniu, mocnym zapachu, substancjami żrącymi czy łatwopalnymi. DPD stawia warunki wyposażenia pomieszczeń magazynowych w środki techniczne:

- urządzenia wentylacyjne, gwarantujące poprawną wentylację pomieszczeń;
- urządzenia termoregulacyjne, czyli automatykę zapewniającą utrzymanie właściwych warunków temperaturowych produktu;
- legalizowane (wzorcowane) przyrządy umożliwiające całodobową kontrolę oraz rejestrację temperatury i wilgotności. W praktyce jest to zintegrowany system czujek temperaturowych i higroskopowych, rozmieszczonych w różnych miejscach magazynu (na różnych wysokościach), połączonych radiowo lub liniowo z centralnym komputerem, rejestrującym dane szczytywane z sensorów.

Wyposażenie ma za zadanie zapewnić w magazynie temperaturę i wilgotność zgodną z wymaganiami poszczególnych wyrobów. Standardowymi zakresami temperatur, które powinny być utrzymywane i stale kontrolowane są: -70°C , -20°C , $+2^{\circ}\text{C}$ do $+8^{\circ}\text{C}$ oraz $+15^{\circ}\text{C}$ do $+25^{\circ}\text{C}$ – temperatura pokojowa.

Warunkiem ogólnym odnoszącym się do poziomu wilgotności w temperaturze pokojowej jest nieprzekraczanie 70%, co w polskim klimacie nie jest trudne do uzyskania. Rejestry z prowadzonych pomiarów muszą być przechowywane przez okres 12 miesięcy. Aby zabezpieczyć medykamenty przed ewentualnym destrukcyjnym wpływem bezpośredniego działania infrastruktury technicznej, opakowania z farmaceutykami przechowywane muszą być nie bliżej niż 10 cm od ścian i posadzki oraz minimum 50 cm od urządzeń grzewczych i od sufitu.

Oprócz wymienionych w rozdziale wytycznych związanych z utrzymaniem farmaceutyków w kontrolowanej atmosferze, Dobra Praktyka Dystrybucyjna zawiera szereg zaleceń dotyczących prawidłowego prowadzenia hurtowni i magazynów farmaceutycznych. Nie stanowi ona zamkniętego aktu prawnego, ale jest doskonalona przez specjalistów związanych z branżą, co przyczynia się do zwiększania bezpieczeństwa i efektywności całego łańcucha dostaw.

2. ELEKTRONICZNE PRZYRZĄDY KONTROLUJĄCE I REJESTRUJĄCE PARAMETRY ATMOSFERY W PROCESACH LOGISTYCZNYCH

Zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków transportu i przechowywania wielu produktów wymaga stałej kontroli parametrów klimatycznych. Na rynku dostępnych jest szereg rozwiązań umożliwiających ciągłą rejestrację oraz automatyczną kontrolę wymaganych parametrów. Urządzenia lub kompleksowe systemy pomiarowo – kontrolne, znajdują zastosowania w takich miejscach jak:

- magazyny hurtowni farmaceutycznych;

- hale produkcyjne i magazyny artykułów spożywczych;
- hale produkcyjne i magazyny artykułów chemicznych;
- magazyny jednostek wojskowych;
- środki transportu – chłodnie oraz środki transportu z urządzeniami grzewczymi (m.in. naczepy, kontenery, statki-chłodniowce);
- archiwa i magazyny zbiorów zabytkowych;
- stacje i laboratoria sanitarno-epidemiologiczne;
- stacje i laboratoria meteorologiczne.

Przyrządy rejestrujące – kontrolne, powinny umożliwiać stałą kontrolę i rejestrację dokonywanych pomiarów w wersji papierowej lub cyfrowej, w formatach umożliwiających archiwizację danych. W przypadku transportu i magazynowania dóbr w kontrolowanych warunkach klimatycznych, zaleca się stosowanie systemów monitorujących warunki atmosfery, niezależnych od mierników wchodzących w skład urządzeń klimatyzacyjnych lub grzewczych. Jeżeli dojdzie do uszkodzenia sterownika klimatyzacji, użytkownik może zostać pozbawiony informacji o zaistniałym zagrożeniu. Wprowadzenie niezależnego rejestratora minimalizuje natomiast takie ryzyko.

Najczęściej wykorzystywanymi urządzeniami są termografy – rejestrujące temperaturę otoczenia lub produktu (za pomocą sondy – „szpilki”), z możliwością zapisu odczytów w wewnętrznej pamięci i przeniesienia zapisów na komputer PC (najczęściej poprzez złącze USB lub bezprzewodowo). Mogą to być urządzenia stacjonarne znajdujące zastosowanie między innymi w magazynach, urządzenia przenośne oraz przeznaczone do instalacji w środkach transportu. Termografy mogą być wyposażone w więcej niż jeden sensor, co pozwala rejestrować temperaturę na różnych wysokościach, w różnych miejscach środka transportowego lub magazynu, czy wewnątrz oraz na zewnątrz niego. Termograf może być wyposażony w drukarkę – umożliwia wtedy wydruk zapisanych wartości z wybranego okresu czasu w każdej chwili, bez udziału komputera.

Do badania temperatury konkretnych przedmiotów, w tym produktów żywnościowych, lub obiektów będących w ruchu, wykorzystywane są pirometry. Pozwalają na dokonanie szybkiego pomiaru temperatury w sposób bezdotykowy, a więc bez ingerencji w towar lub opakowanie. Ich działanie opiera się na odczycie detektora podczerwieni, który jest w stanie dokonać pomiaru promieniowania cieplnego i przeliczyć na wartość aktualnej temperatury.

Bardziej zaawansowanymi urządzeniami są termo-higrometry. Umożliwiają jednoczesny pomiar temperatury i wilgotności względnej powietrza. Istotny jest fakt dokonywania pomiaru przez jedno urządzenie – ułatwia to automatyczne obliczanie innych wartości klimatycznych, zależnych od temperatury i wilgotności względnej, np. temperatury punktu rosy, czy wartości wilgotności bezwzględnej. Zakresy, w jakich najczęściej pracują termo-higrometry to:

- 0÷100% przy temperaturze do +40°C;
- 0÷70% przy temperaturze do +70°C;
- 0÷40% przy temperaturze do +85°C.

Nowoczesne termografy i termo-higrometry charakteryzują się dużą prędkością i dokładnością pomiarów. Dzięki wyeliminowaniu analogowych elementów, takich jak potencjometry – służące regulacji, ogranicza się liczbę przekłamań, szumów i błędów w pomiarach. Pozwalają też przesyłać dane poprzez sieć, dzięki czemu możliwe jest śledzenie historycznych i aktualnych parametrów w Intra- lub Internecie oraz współpraca z innymi urządzeniami klimatycznymi. Na rynku dostępne są również przyrządy wyposażone w modem GPRS. Wszystkie te cechy przekładają się jednak na stosunkowo wysoką cenę tych urządzeń.

Najbardziej rozbudowane systemy kontroli klimatu, pozwalają na kontrolę i regulację temperatury, wilgotności, stężenia gazów – np. CO₂, oraz cyrkulacji powietrza. Pozwalają na

dokonywanie pomiaru przez kilka, a nawet kilkanaście sensorów, dobieranych do konkretnych wymagań.

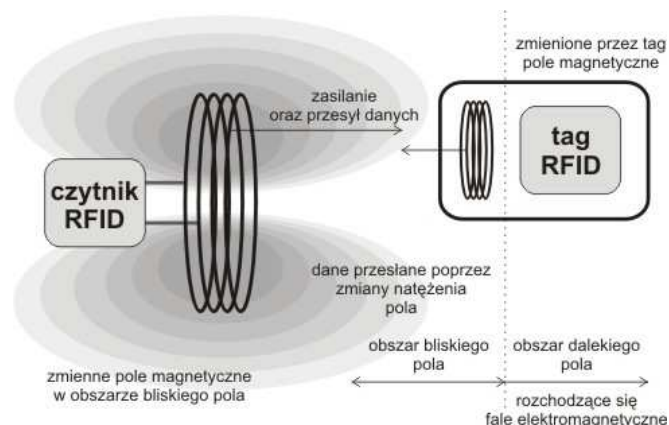
Aby utrzymać zadaną temperaturę i wilgotność powietrza, niezbędne są urządzenia grzewcze, chłodzące, nawilżające i absorbujące wilgoć z powietrza.

3. TECHNOLOGIA RADIOWEJ IDENTYFIKACJI RFID

Projektowanie i implementacja systemu RFID jest procesem złożonym. Jedną z najważniejszych decyzji jaką musi podjąć inżynier RFID jest odpowiedni dobór komponentów systemowych. Dokonanie uzasadnionego wyboru zwiększa prawdopodobieństwo produkowania w pełni funkcjonalnego i godnego zaufania systemu.

Jak i w wielu innych typach systemów automatycznej identyfikacji, system RFID wymaga pewnej liczby powiązanych ze sobą komponentów - kompletu tagów, jednej lub kilku anten i czytnika.

Tagi są urządzeniami przymocowanymi do elementów, po to aby system RFID mógł je zidentyfikować. Tagi mogą zostać rozmieszczone bezpośrednio na indywidualnych elementach tak jak to mam miejsce w przypadku dóbr konsumenckich lub na kontenerach transportowych lub paletach, które przechowują wiele elementów. Tagi występują w różnych rozmiarach i kształtach. Dokonując ich klasyfikacji należy wziąć pod uwagę takie czynniki jak: źródło zasilania, częstotliwość, możliwości zapisu, komponenty składowe, sposób wytwarzania i koszt tagów. Podstawową funkcją taga jest transmisja danych do reszty systemu RFID. Tagi przeważnie zawierają trzy podstawowe elementy: elektroniczny obwód scalony, miniaturową antenę, podstawę do utrzymania obwodu scalonego i anteny razem.



Rys. 1. Schemat działania RFID

Źródło: Opracowanie własne

Wszystkie elementy RFID muszą być w jakiś sposób zasilane. Obecnie dostępne są trzy możliwości zasilania tagów. Ze względu na sposób zasilania wyróżniamy aktywne tagi, pasywne tagi i semi-pasywne tagi. Kiedy tag wchodzi do strefy nasłuchu dane zmagazynowane w tagu są transmitowane do anteny czytnika RFID. Dane mogą być różnego formatu: ASCII, postać szesnastkowa lub dziesiętna. Dane, które są gromadzone w tagu zależą od możliwości zapisu taga. Możliwe są trzy możliwości: tylko odczyt, pojedynczy zapis/wielokrotny odczyt, odczyt/zapis.

Tagi RFID otrzymują elektromagnetyczny sygnał, który jest transmitowany przez system anten. Tagi RFID następnie zwracają sygnał do systemu. Dla tych funkcji jest wykorzystywany albo prosty skaner lub złożony czytnik.

Czytnik RFID jest urządzeniem, które tworzy elektromagnetyczny sygnał, który jest następnie transmitowany do tagów RFID przez jedną albo kilka anten. Przy prawidłowym funkcjonowaniu, czytnik nieprzerwanie transmituje elektromagnetyczny sygnał w

poszukiwaniu jednego albo wielu tagów RFID. Czytnik RFID realizuje też drugą funkcję sprawdzania (kontroli) za pomocą elektromagnetycznych sygnałów pochodzących od tagów RFID przez tę samą antenę.

Funkcją anteny jest zarówno transmisja jak i odbiór elektromagnetycznych sygnałów pomiędzy tagami i czytnikami. Efektywne pole elektromagnetyczne gdzie antena transmituje jest w terminologii RFID znane jako strefa nasłuchu (badania). Antena tworzy trójwymiarową przestrzeń, która jest używana do komunikacji z tagami RFID. W prostych systemach sygnał elektromagnetyczny może być transmitowany przez prosty skaner. W bardziej złożonych i szybko przemieszczających się systemach, elektromagnetyczny sygnał jest transmitowany przez inteligentny czytnik. Inteligentne czytniki można zwykle zobaczyć w dokach ładunkowych i transporterach. W inteligentnych czytnikach pole częstotliwości radiowej generowane przez czytnik jest sterowane przez oprogramowanie RFID middleware.

Jak już wspomniano anteny są wykorzystywane do transmisji sygnału o częstotliwości radiowej z czytnika do taga. Antena jest również wykorzystywana do otrzymywania sygnału o częstotliwości radiowej z taga do dalszego przetwarzania przez czytnik RFID. W sytuacji gdzie ustawienie taga w odniesieniu do czytnika nie zmienia się jest możliwe posiadanie pojedynczej anteny. W bardziej złożonych sytuacjach gdzie położenie taga nie jest gwarantowane jest normalne dla systemu RFID stosowanie więcej niż jednej anteny. Ogólnie mówiąc dla danego rozmiaru strefy nasłuchu większa ilość anten oznacza większe prawdopodobieństwo prawidłowego odczytu przez system [1,5].

Umieszczenie anteny jest również bardzo ważną sprawą. Zarówno opakowanie jak i produkt aby zostać wyśledzonym mogą oddziaływać na zdolność systemu RFID aby zapewnić poprawny odczyt. W klasycznym zastosowaniu doku załadowczego standardowo powinno się umieścić anteny po każdej stronie bramy. W zastosowaniu typu podnośnik widłowy antena powinna być umieszczona powyżej kabiny operatora. W zastosowaniach przy pakowaniu z użyciem folii termokurczliwej anteny powinny być umiejscowione dookoła stołu obrotowego pozwalając na dalszy dostęp do stołu. Innym problemem związanym z rozmieszczeniem anteny jest jej wysokość. W niektórych zastosowaniach materiał niekoniecznie musi przechodzić przez specjalną bramę. W wielu przypadkach zakres anteny i rozmiar strefy nasłuchu może być zwiększony przez podniesienie anteny powyżej poziomu terenu. Konieczne jest przeprowadzenie eksperymentów mających na celu określenie optymalnego rozmiaru strefy nasłuchu. Jeszcze jednym problemem związanym z rozmieszczeniem anteny jest niedopuszczenie aby antena zakłócała przestrzeń ruchu materiału. W takich sytuacjach możliwe jest przymocowanie anteny do sufitu z polem skierowanym do dołu. To rozwiązanie działa prawidłowo gdy tagi są umieszczone na najwyższej poziomej płaszczyźnie. W tej sytuacji system może bez przeszkód działać i szybkość odczytu jest w tym przypadku bardzo duża.

Kolejnym elementem systemu RFID jest komputerowy system, który komunikuje się z czytnikiem RFID. Standardowo wyposażony jest w pewną liczbę aplikacji mających na celu wspieranie systemu RFID.

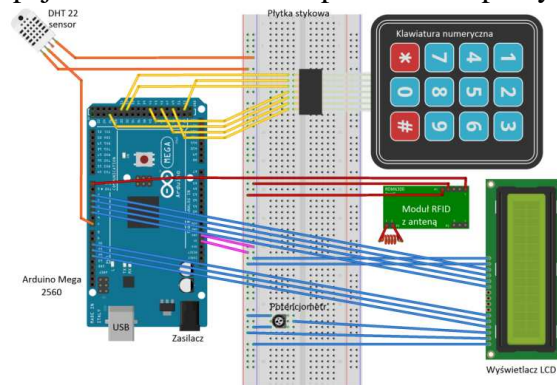
4. KONTROLER TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI Z CZYTNIKIEM RFID

Koncepcja budowy kontrolera temperatury i wilgotności wiąże się z realizacją głównego celu, jakim jest możliwość wskazania poprawności parametrów klimatycznych dla konkretnych towarów, oznaczonych tagami radiowymi. Dodatkowymi założeniami jest możliwość wykorzystania układu dla tych funkcji rozdzielnie – z czego pierwszą jest kontrolowanie temperatury i wilgotności otoczenia, a drugą identyfikacja tagów RFID oraz wyświetlenie informacji na ekranie wyświetlacza LCD, oraz na ekranie komputera, po podłączeniu go z autonomicznym układem kontrolera. W poniższym rozdziale przedstawiony

został prototyp stanowiska urządzenia kontrolno-pomiarowego, zdolnego do kontrolowania warunków klimatycznych otoczenia produktów wyposażonych w znaczniki RFID.

Podstawowymi elementami bazowymi prototypu kontrolera temperatury i wilgotności z czytnikiem RFID są (rys. 2):

- platforma Arduino Mega 2560 R3 z mikrokontrolerem ATmega 2560;
- czujnik wilgotności oraz temperatury Grove DHT 22 Pro;
- układ czytnika RFID 125 kHz z anteną i zestawem tagów;
- wyświetlacz LCD obsługujący 2 wiersze po 16 znaków;
- klawiatura numeryczna obsługująca 12 znaków;
- płytki stykowa do prototypowania wraz z zestawem kabli;
- źródło zewnętrznego zasilania – zasilacz 9V;
- komputer z zainstalowanym oprogramowaniem Arduino IDE – służący do programowania mikrokontrolera oraz opcjonalnie do śledzenia parametrów pracy i zasilania kontrolera.

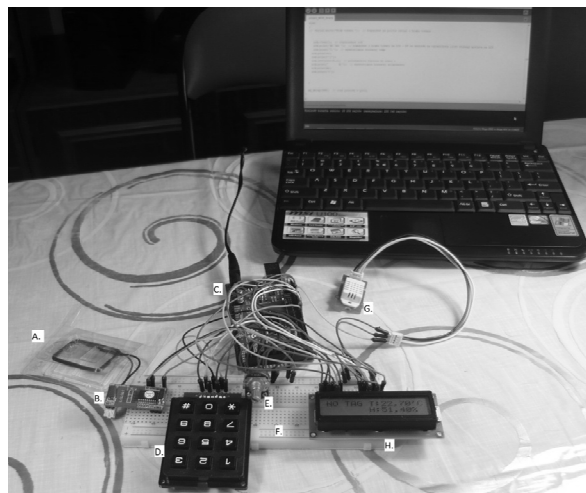


Rys. 2. Schemat kontrolera wilgotności i temperatury z czytnikiem RFID

Źródło: Opracowanie własne

Czytnik RFID wyposażony jest w antenę, zdolną odczytać tagi radiowe z odległości około 4 cm.

Podłączenie mikrokontrolera Arduino do zasilania przez gniazdo zasilacza lub port USB skutkuje uruchomieniem urządzenia i programu. Urządzenie gotowe do pracy przedstawia fotografia 1.



Fot. 1. Prototypowy kontroler temperatury i wilgotności z czytnikiem RFID: A. antena czytnika RFID, B. moduł czytnika RFID, C. płytki mikrokontrolera Arduino Mega 2560, D. klawiatura numeryczna 3x4, E. potencjometr wyświetlacza LCD, F. płytki stykowa, G. czujnik temperatury i wilgotności, H. wyświetlacz LCD. W tle komputer z uruchomioną aplikacją Arduino IDE.

Źródło: Opracowanie własne

Platforma Arduino umożliwia instalację rozszerzenia – tzw. shield-u Ethernet – dzięki któremu Arduino uzyskuje dostęp do sieci Internet.

Dzięki wyżej wspomnianemu shield-owi Ethernet, platforma Arduino uzyskać może dużo większą użyteczność. Wszelkie informacje rejestrowane przez mikrokontroler, mogą być umieszczone na stronie WWW i dostępne w niemal w każdym zakątku świata, oraz na bieżąco zapisywane na serwerze. Ułatwia to również zdalne zarządzanie pracą mikrokontrolera, a pośrednio zarządzanie urządzeniami przez niego kontrolowanymi.

Po uruchomieniu urządzenia lub restarcie programu, w pierwszej kolejności na LCD wyświetlany jest komunikat powitalny. Następnie na ekranie pojawiają się komunikaty z pracy poszczególnych modułów, pokazane na fotografii 2 – aktualnie odczytywany tag RFID, jeżeli znajduje się z zasięgu, lub jego brak, oraz aktualna temperatura i wilgotność względna otoczenia.

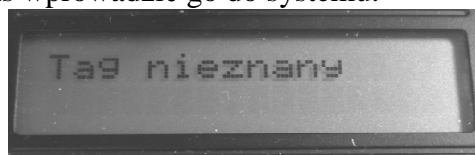


Fot. 2. Brak tagu RFID w zasięgu, zakomunikowane jako „NO TAG” oraz aktualna temperatura „T:” i wilgotność względna „H:”

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku odczytu tagu radiowego, wprowadzonego do programu – a więc reprezentującego w modelu konkretny towar np. na stanie magazynu, wyświetlana jest nazwa „towaru” (tagu) i komunikat o poprawności zadanych warunków klimatycznych. Warunki te wstępnie wprowadzone są do programu, jednak możliwa jest ich edycja dzięki interfejsowi użytkownika, obsługiwanemu klawiaturą numeryczną.

W sytuacji, kiedy czytnik RFID odczyta kompatybilny (125 kHz) tag radiowy, który jednak nie został ujęty w programie mikrokontrolera, wyświetlany jest komunikat „Tag nieznan” (fot. 3). Może to odpowiadać sytuacji, kiedy np. do magazynu trafia nowy asortyment. Należy wówczas wprowadzić go do systemu.



Fot. 3. Komunikat „tag nieznan” – po odczytaniu tagu RFID niewprowadzonego do programu mikrokontrolera.

Źródło: Opracowanie własne

Elementy, z jakich składa się prototyp, dają możliwość wykorzystywania ich jako cały system kontrolujący parametry klimatyczne, obsługujący tagi RFID, wyświetlający dane na ekranie LCD i zapewniający interakcję z użytkownikiem dzięki klawiaturze. Możliwe jest również korzystanie tylko z poszczególnych podzespołów i platformy mikrokontrolera.

Czujnik temperatury i wilgotności otoczenia, razem z mikrokontrolerem tworzy klasyczny termo-higrometr. Znajdują one zastosowania w magazynach, środkach transportu o kontrolowanych warunkach klimatycznych, w sklepowych chłodniach czy w archiwach i muzeach. Mikrokontroler oprócz odczytu temperatury i wilgotności, może sterować urządzeniami klimatyzacyjnymi i grzewczymi, przez co można osiągnąć automatyzację kontroli parametrów klimatycznych.

Wykorzystanie wszystkich podzespołów razem, daje jednak szersze możliwości. Pozwala dostosować temperaturę i wilgotność do potrzeb konkretnych partii towarów oznaczonych tagiem. Urządzenie może znaleźć zastosowanie w logistyce artykułów spożywczych, między innymi zainstalowane w samochodach – chłodniach/mroźniach wielokomorowych. Ich

konstrukcja umożliwi utrzymywanie w każdej z komór innej temperatury, dostosowanej do wymagań konkretnych artykułów spożywczych. Instalacja opracowanego kontrolera, umożliwiłaby nie tylko kontrolowanie warunków klimatycznych w komorach – chłodniach, ale pozwoliłaby również wyeliminować błędy w czasie załadunku towarów, polegające na umieszczeniu ich w komorze o niewłaściwych warunkach. Zainstalowana antena – bramka RFID, w czasie załadunku odczytywałaby tagi umieszczone na produktach, mikrokontroler sprawdzałby zgodność warunków zadeklarowanych dla konkretnego produktu z warunkami aktualnie panującymi w komorze – chłodni. W przypadku błędu, użytkownik zostałby powiadomiony dźwiękowo oraz poprzez komunikat na wyświetlaczu LCD. Analogicznie, stanowisko kontrolno-pomiarowe mogłoby znaleźć zastosowanie w transporcie farmaceutyków – które częściowo są już wyposażone w metki RFID.

PODSUMOWANIE

Postępująca w szybkim tempie miniaturyzacja i rozwój w dziedzinie elektroniki sprawia, że elektronika – w tym mikrokontrolery, znajdują coraz więcej zastosowań niemal we wszystkich dziedzinach działalności człowieka – w tym również w logistyce. Zjawisko to jest napędzane z jednej strony poprzez rosnące wymagania jakościowe, poszukiwanie miejsc na możliwą poprawę wydajności i obniżenie kosztów oraz naturalną tendencją człowieka do ułatwiania pracy przez postęp i innowacyjne rozwiązania, a z drugiej strony przez coraz większe możliwości, dostępność i obniżające się ceny nabycia, wdrożenia i obsługi tych urządzeń.

Przygotowane prototypowe stanowisko kontrolno-pomiarowe, łączące funkcję kontroli parametrów klimatycznych i obsługi technologii radiowej identyfikacji może usprawnić procesy związane z przemieszczaniem produktów w kontrolowanych warunkach klimatycznych. Obecnie na rynku trudno o znalezienie urządzenia łączącego funkcję termo-higrometru i czytnika tagów RFID. Bez wątpienia jednak takie urządzenia mogą być profesjonalnie montowane na indywidualne zamówienia, przez wyspecjalizowane firmy.

BIBLIOGRAFIA

1. Długosz J., *Nowoczesne technologie w logistyce*, PWE, Warszawa 2009
2. Dziok D., *Dobra Praktyka Dystrybucji w logistyce farmaceutyków*, „Logistyka” 2010, nr 6.
3. Dz. U. 1984, nr 49, poz. 254
4. Dz. U. 2002, nr 144, poz. 1216
5. Jones E.C., Chung C.A., *RFID in Logistics: A Practical Introduction*, CRC Press, Boca Raton, FL 2008
6. Kawka T., *Wilgotność i temperatura produktów spożywczych. Radiowy system pomiarowy warunków klimatycznych w magazynach produktów świeżych*, „Pod kontrolą – automatyka i pomiary” 2011, nr 3.
7. Kluza F., Kozłowicz K., Wołak S., *Transport żywności i jej jakość na tle uwarunkowań technologicznych i logistycznych*, „Chłodnictwo” 2003, nr 5.
8. Stęplewska U., *Monitoring parametrów wpływających na warunki klimatyczne podczas chłodniczego przechowywania mięsa*, „Chłodnictwo” 2006, nr 1-2.

AUTOMATIC CONTROL OF TEMPERATURE AND HUMIDITY OF GOODS IN LOGISTICS PROCESSES

Abstract

One of the conditions well-executed logistics process is to ensure the recommended values of temperature and humidity throughout the supply chain. Article covers issues related to control temperature and humidity in logistics processes, RFID technology, and completed project controller ambient temperature and humidity of the RFID reader.

Autorzy:

dr inż. **Paweł Dobrzański** – Politechnika Rzeszowska, Wydział Zarządzania, Zakład Informatyki w Zarządzaniu

dr hab. inż. **Miroslaw Śmieszek**, prof. PRz – Politechnika Rzeszowska, Wydział Zarządzania, Katedra Metod Ilościowych

dr inż. **Magdalena Dobrzańska** – Politechnika Rzeszowska, Wydział Zarządzania, Katedra Metod Ilościowych

mgr inż. **Tomasz Knurek** – Absolwent Politechniki Rzeszowskiej, Wydział Zarządzania, Kierunek Logistyka