

## WIZUALIZACJA W SYSTEMACH STEROWANIA

Leszek RAFIŃSKI<sup>1</sup>, Andrzej GRONO<sup>2</sup>

1. Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12 80-952 Gdańsk  
tel: (+48) (58) 347 29 45 fax: (+48) (58) 347 17 26 e-mail: lrafin@ely.pg.gda.pl
2. Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12 80-952 Gdańsk  
tel: (+48) (58) 347 20 56 fax: (+48) (58) 347 24 87 e-mail: agrono@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** Podano przegląd stosowanych w systemach automatyki typów interfejsów HMI. Przedstawiono także technologię wykorzystywaną do produkcji ekranów dotykowych. Omówiono ponadto rolę systemów HMI w procesie sterowania a przydatność tego rodzaju systemów przedstawiono na przykładzie interfejsu zaprojektowanego dla stacji uzdatniania wody.

**Słowa kluczowe:** wizualizacja, systemy HMI

### 1. WSTĘP

Bardzo często projektant systemu sterowania nie jest świadomy roli, jaką odgrywa system HMI (Human Machine Interface) w całości systemu sterowania. Współczesne maszyny i technologie, o coraz większym stopniu skomplikowania, potrzebują czytelnego oraz intuicyjnego interfejsu pomiędzy użytkownikiem a maszyną. Sprawne usunięcie awarii czy szybka zmiana produktu, możliwe dzięki dobremu systemowi HMI, powodują wzrost efektywności wykorzystania maszyny, co skutkuje wymierną korzyścią finansową.

Pamiętać należy, że każdy proces, poza najprostszymi, wymaga nadzoru operatora, lub musi dostarczać jakieś dane wynikające z jego przebiegu. Jeśli taki nadzór lub odbiór danych przebiega za pomocą źle dobranej do danego zastosowania systemu HMI, może to prowadzić do błędów pracy systemu. Błędy takie wynikać mogą ze źle przekazanych przez system HMI informacji, lub też źle zaprojektowanej kontroli procesu, przy czym należy pamiętać, że źle zaprojektowana kontrola oznaczać może także przekazanie w ręce operatora systemu zbyt wielkiej „władzy” – czasami, dla dobra procesu technologicznego, należy ograniczyć dostęp do pewnych elementów systemu.

Głównym stymulatorem rozwoju różnego rodzaju systemów HMI jest potrzeba skonstruowania prostego, intuicyjnego a jednocześnie niezawodnego sposobu komunikacji operatora z systemem sterowania w taki sposób, aby ten ostatni mógł wykonywać swoje zadania. Z tego wynika, że system HMI znacząco wpływa na działanie systemu sterowania i nie można go zlekceważyć.

Projektując system HMI do danego zastosowania, należy wziąć pod uwagę wiele czynników. Jednym z

najważniejszych jest skala projektu, tzn. ilość danych do wizualizowania i wymagana szybkość odświeżania danych – nie ma potrzeby stosowania systemu opartego o komputer przemysłowy do kontroli załączania jednej pompy, która jest załączana raz dziennie, jeśli do takiego zadania wystarczy zwykły przełącznik z diodą. Jeśli jednak taka pompa ma działać jako część większego systemu i potrzebna jest np. bardzo dokładna kontrola prędkości obrotowej jej silnika, zużycia energii, przepływu w wodociągu, do którego jest podłączona i jeszcze kilku innych zmiennych a wszystkie zmienne należy wizualizować i archiwizować w celu ich późniejszego wykorzystania w bazie danych, to należałoby zastanowić się raczej nad wykorzystaniem panelu operatorskiego lub wręcz komputera przemysłowego.

Pamiętać należy także oczywiście, że system HMI jest tylko jedną z części większego systemu sterowania, więc musi być zapewniona możliwość komunikacji z pozostałymi częściami systemu. Jeśli np. proces jest sterowany przy pomocy sterownika komunikującego się za pomocą jakiegoś specyficznego interfejsu sieciowego, to należy dobrać kompatybilne z tym interfejsem urządzenie.

Należy także brać pod uwagę warunki środowiskowe panujące w miejscu, w którym znajdować ma się system HMI. Czasami system musi być przygotowany do pracy w środowisku np. o dużej wilgotności powietrza lub w obecności agresywnych środków chemicznych. Idealną jest sytuacja, kiedy dla systemu HMI przeznaczona jest specjalna, odpowiednio zabezpieczona pomieszczenie.

System musi też być dostosowany do operatorów, którzy będą go obsługiwać. Jeśli projektowany system będzie pod stałą kontrolą przeszkolonych specjalistów, można się pokusić o oddanie operatorowi dużej władzy nad procesem. Czasami trzeba jednak wziąć pod uwagę możliwość obsługi systemu przez osoby w mniejszym zakresie przeszkolone w jego obsłudze, które ponadto kontrolę poprawności działania mogą przeprowadzać w dość dużych odstępach czasowych – w takim przypadku wszystkie najważniejsze dane o procesie powinny być dostępne natychmiastowo, bez potrzeby wnikania w opcje systemu, np. na głównym ekranie panelu operatorskiego, a pewne opcje powinny być dostępne jedynie po podaniu hasła identyfikującego operatora.

Kwestia ekonomiczna brana pod uwagę podczas projektowania systemu HMI to głównie zależność między konkretnymi wymaganiami stawianymi przez inwestora oraz zasobnością jego portfela. Należy brać też pod uwagę ewentualne możliwości serwisowania systemu w wypadku awarii, czyli m.in. dostępność stosowanych urządzeń oraz jakość ich serwisu.

## 2. STOSOWANE W PRZEMYSŁE INTERFEJSY HMI

Najprostszym sposobem wykonania interfejsu HMI jest zastosowanie tablicy synoptycznej składającej się z przełączników mechanicznych oraz lampek kontrolnych. System taki sprawdza się w prostych aplikacjach, lecz ma wiele ograniczeń np. niemożliwe lub bardzo trudne jest sporządzanie historii działania systemu. Starsze rozwiązania terminali interfejsów operatora napotykały na coraz większy opór w nowo tworzonych aplikacjach, nie spełniając często ich wymogów.

Wersją rozwojową tablic synoptycznych są panele operatorskie. Są to urządzenia umożliwiające komunikację człowiek-maszyna dzięki wbudowanemu wyświetlaczowi oraz przyciskom kontrolnym lub ekranowi dotykowemu. Istnieje wiele rodzajów paneli operatorskich – od prostych, niewielkich paneli tekstowych z wyświetlaczem monochromatycznym i przyciskami kontrolnymi lub klawiaturą alfanumeryczną, mających głównie za zadanie zastąpienie lub uzupełnienie istniejących tablic synoptycznych, do nowoczesnych systemów opartych na kolorowych wyświetlaczach ciekłokrystalicznych i technologii ekranów dotykowych spełniających funkcje wizualizacji stanu i kontroli procesu. Panele operatorskie znalazły zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu.

W licznych przypadkach występuje potrzeba kontroli kilku procesów technologicznych z jednego miejsca, lub prowadzenia archiwizacji dużej ilości danych wytwarzanych podczas procesu sterowania. W takich przypadkach korzysta się z najbardziej zaawansowanych systemów HMI, jakimi są systemy oparte na oprogramowaniu typu SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - systemy sterowania nadrzędnego i zbierania danych) uruchamianym na komputerach klasy PC. Mają one największe możliwości konfiguracyjne oraz wizualizacyjne z wszystkich systemów HMI. Jedyną ich wadą jest potrzeba zastosowania komputera, co powoduje trudności w przypadku ciężkich warunków środowiskowych. Przykładem takiego systemu jest popularny program InTouch firmy Wonderware czy środowisko LabVIEW firmy National Instruments [1].

## 3. TECHNOLOGIA DOTYKOWA

Wskazanie miejsca na ekranie za pomocą dotyku należy do najbardziej przyjaznych form kontaktu z użytkownikiem, także tym, który nie radzi sobie z obsługą tradycyjnego komputera, dlatego ekran dotykowy jest łatwy i wygodny w użyciu. Osoba obsługująca system pracuje intuicyjnie. Minimalizuje to czas potrzebny na szkolenie operatorów maszyny. Poprzez wyświetlenie potrzebnych w danym stanie maszyny funkcji czy parametrów, można

zwiększyć bezpieczeństwo użytkownika maszyny a także zminimalizować przestoje maszyny spowodowane nieprawidłową obsługą. Systemy HMI oparte na panelach dotykowych, poprzez umożliwienie dostępu do parametrów tylko aktualnie niezbędnych, mogą prowadzić operatora krok po kroku podczas obsługi złożonych procedur. Ekran dotykowy był do niedawna dość egzotycznym i drogim interfejsem stosowanym w dziedzinach związanych z zaawansowaną technologią i dużymi nakładami finansowymi, takich, jak np. kontrola ruchu powietrznego czy sterowanie elektrowniami atomowymi. Dzięki zaletom takim jak intuicyjność i prostota obsługi sprzęt dotykowy obecnie jest stosowany na szeroką skalę w różnych gałęziach przemysłu i nie tylko, wypierając standardową klawiaturę i myszkę.

Podczas produkcji ekranów dotykowych wykorzystuje się kilka różnych technologii korzystając z przewodnictwa prądu, oporu elektrycznego, pojemności elektrycznej, propagacji fal akustycznych, promieni podczerwonych lub siły docisku. Poniżej przedstawia się kilka z najczęściej wykorzystywanych technologii.

Najprostszą jest zasada działania ekranów rezystancyjnych. Jest to jednocześnie technologia najbardziej popularna. Wykorzystuje się tu trzy popularne rozwiązania – tzw. czteroprzewodowe (4-wire), pięcioprzewodowe (5-wire), sześcioprzewodowe (5-wire+1, w którym występuje dodatkowy przewód zabezpieczający przed zakłóceniami elektromagnetycznymi) i siedmioprzewodowe (5wire+2, w którym występują dwa dodatkowe przewody na krawędziach ekranu służące do kalibracji). Czujnik czteroprzewodowy składa się ze sztywnego podłoża pokrytego warstwą substancji rezystancyjnej (związek indu, cyny i tlenu – ITO, jest to jedyny przezroczysty przewodnik) oraz elastycznej membrany, również pokrytej taką samą warstwą rezystancyjną. Przy braku nacisku podłoże i membrana nie stykają się ze sobą. W chwili dotknięcia obwód zostaje zamknięty. Sterownik mierzy wówczas rezystancję między dwoma przeciwległymi krawędziami podłoża, wykorzystując membranę jako próbnik, a następnie – rozkład rezystancji na membranie w kierunku prostym do poprzedniego, używając podłoża jako próbnika. Porównanie stosunków rezystancji pozwala określić współrzędne punktu dotknięcia. W przypadku bardzo dużych powierzchni ekranów stosuje się modyfikację metody czteroprzewodowej dodając po jednym dodatkowym przewodzie na każdy zastosowany w celu dodatkowej możliwości kalibracji (8-wire). W wersji pięcioprzewodowej rolę próbnika pełni zawsze membrana, a pomiar rozkładu rezystancji jest dokonywany zawsze na podłożu – najpierw między elektrodami umieszczonymi wzdłuż pionowych, a potem poziomych boków ekranu.

Drugim popularnym rozwiązaniem są ekrany pojemnościowe. Podłoże pokryte jest warstwą ITO, jednak zamiast membrany jest wykorzystywana sztywna, nieprzewodząca warstwa ochronna (np. szklana płytka). Za pomocą elektrod położonych w rogach ekranu w podłożu jest wytwarzane zmienne pole elektryczne. Po dotknięciu ekranu palcem lub przewodzącym rysikiem, sterownik mierzy wartość natężenia prądu upływającego z każdej z elektrod i porównując je, określa miejsce dotknięcia.

Odmianą paneli pojemnościowych są panele typu Near Field Imaging, lokalizujące punkt dotyku przez dodatkową warstwę ochronną umieszczoną przed ekranem. Dzięki temu panel może być zainstalowany za grubszym szkłem ochronnym. Współrzędne punktu dotyku określa się za pomocą analizy zmian pola elektrycznego przy powierzchni ekranu, co przy wykorzystaniu odpowiednich operacji przetwarzania pozwala na bardzo dokładne obliczenia. Ze względu na ich czułość ekrany typu NFI można obsługiwać nawet w rękawicy roboczej, dzięki czemu są często stosowane w trudnych warunkach środowiskowych. Ekrany typu NFI noszą również nazwę Projected Capacitive.

Na ciekawej zasadzie jest oparte działanie ekranów dotykowych akustycznych z falą powierzchniową (SAW – Surface Acoustic Wave). Fale dźwiękowe o częstotliwości około 5 MHz, wytwarzane przez elementy piezoelektryczne umieszczone na sąsiadujących ze sobą krawędziach lub narożnikach ekranu, rozchodzą się w szklanym pokryciu ekranu, po czym odbijają się od znajdujących się na przeciwnych krawędziach płytki elementów zwanych reflektorami i biegną z powrotem do elementów piezoelektrycznych pełniących rolę czujników. Dotknięcie powierzchni płytki powoduje zaburzenie rozchodzenia się fali i częściowe pochłonięcie energii – określenie punktu dotknięcia jest dokonywane przez pomiar czasu powrotu sygnału. Zaletą czujników akustycznych jest możliwość określenia również siły nacisku – wraz ze wzrostem siły nacisku rośnie tłumienie fali. Odmianą ekranów dotykowych akustycznych jest ekran z falą akustyczną rozchodzącą się przez sam ekran (GAW – Guided Acoustic Wave), co osiągnięte zostało dzięki zastosowaniu specjalnego szkła. Rozwiązanie takie charakteryzuje się większą dokładnością w stosunku do SAW.

Kolejnym rodzajem ekranów dotykowych, w których wykorzystuje się fale dźwiękowe są ekrany oparte na stosunkowo nowej technologii APR (Acoustic Pulse Recognition). Współrzędne punktu dotyku są określane przy pomocy pomiaru dźwięku powstałego podczas dotknięcia ekranu. Dotknięcie każdego punktu na ekranie powoduje powstanie innego dźwięku, który następnie jest rejestrowany przez cztery miniaturowe przetworniki. Zarejestrowany dźwięk jest następnie porównywany z tablicą dźwięków określoną dla każdego punktu na powierzchni, co pozwala na pominięcie dźwięków z otoczenia.

W ekranach dotykowych można też wykorzystywać linijki diod emitujących promieniowanie podczerwone, które umieszczone są na dwóch sąsiadujących ze sobą krawędziach ekranu oraz usytuowane naprzeciw nich linijki czujników podczerwieni. Kolejne odpowiadające sobie pary diod i czujników są uruchamiane cyklicznie z bardzo dużą częstotliwością - przesłonięcie któregoś z poziomych i pionowych promieni pozwala bezpośrednio wyznaczyć miejsce dotknięcia. Ekrany takie są często wykorzystywane w przypadku stosunkowo dużych paneli operatorskich

Ekrany dotykowe występują także w wersji z pomiarem siły nacisku. Wykonywane są w postaci nakładanej na ekran przezroczystej płytki wyposażonej w cztery umieszczone na rogach tensometry – określenie miejsca dotknięcia następuje przez przeliczenie stosunku sił z czterech czujników. Panele takie charakteryzują się

stosunkowo długim czasem reakcji, co prowadzi do małej ich popularności.

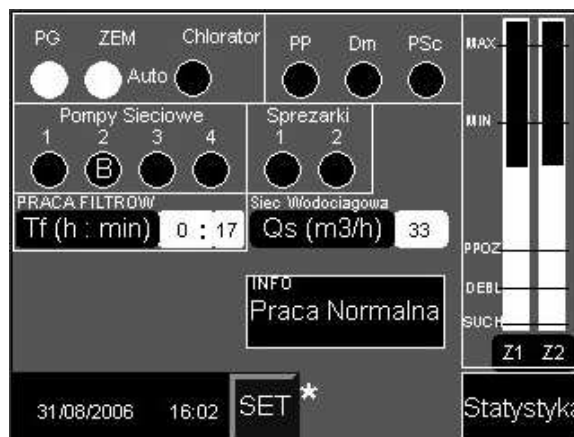
Postępujący rozwój nauki powoduje powstawanie coraz to nowych technologii wykonywania paneli dotykowych. Przykładem może być technologia FTIR (Frustrated Total Internal Reflection, wykorzystywana także w biometrii. Wykorzystuje ona zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła. Wypustki linii papilarnych, stykając się z powierzchnią, absorbują światło, natomiast wgłębienia je odbijają. Zastosowanie tej technologii pozwala na sterowanie ekranem za pomocą kilku palców jednocześnie, dzięki czemu możliwe jest również sterowanie przez kilku użytkowników jednocześnie [2].

#### 4. PRZYKŁADOWY SYSTEM HMI

Przykładem systemu HMI zaprojektowanego zgodnie z wymaganiami procesu jest zaprojektowany przez autorów system zastosowany w gminnej stacji uzdatniania wody. Proces uzdatniania wody jest procesem wolnozmiennym, ilość danych wymagających wizualizacji i kontroli jest niewielka, ale należy niektóre z nich archiwizować. System znajduje się w pobliżu sterowanych urządzeń, w środowisku o dużej wilgotności powietrza i jest obsługiwany przez pracowników nie będących specjalistami, a kontrole następują w dość dużych odstępach czasowych. Ważnym czynnikiem jest także cena systemu i ewentualna dostępność części zamiennych.

Biorąc pod uwagę wszystkie wymagania, zaprojektowano system HMI oparty o panel dotykowy QuickPanel CE View Mono. Ponadto dla systemu awaryjnego została stworzona tablica synoptyczna oferująca podstawowe możliwości kontroli pracy stacji. W ten sposób zapewniono kontrolę pracy systemu nawet w przypadku uszkodzenia panelu operatorskiego.

System zaprojektowano z myślą o operatorach posiadających niski poziom wykształcenia technicznego, a więc głównym założeniem była prostota wykonywania czynności operatorskich oraz możliwie największa przejrzystość interfejsu. Przykładowe ekrany przedstawiono na rysunkach 1, 2 oraz 3.



Rys. 1. Przykładowy ekran interfejsu HMI stacji uzdatniania wody – ekran główny

Aby ograniczyć potrzebę ingerencji w pracę systemu w czasie wykonywania standardowego sprawdzania stanu

pracy stacji wszystkie najważniejsze parametry pracy stacji zostały przedstawione na ekranie głównym. Jednocześnie, w celu ograniczenia możliwej, niepożądanej ingerencji, wprowadzono ograniczenie dostępu do zaawansowanych funkcji systemu, takich jak np. odłączanie urządzeń z pracy, czy ręczne załączanie urządzeń do pracy. Dostęp do pełnej funkcjonalności możliwy jest dopiero po podaniu hasła.

Panel oferuje możliwości w następującym zakresie:

- funkcje informacyjne odnośnie stanu urządzeń, poziomu wody w zbiornikach itp.,
- kontrola nad urządzeniami, tzn. usuwanie awarii, ręczne załączanie i wyłączenie z ruchu w przypadku takiej potrzeby, np. na czas konserwacji,
- kontrola czasu pracy urządzeń,
- wizualizacja na trendach historii zmian poziomu wody i zapotrzebowania na wodę ze strony sieci wodociągowej,
- wizualizacja zarchiwizowanych w sterowniku alarmów/zdarzeń



Rys. 2. Przykładowy ekran interfejsu HMI stacji uzdatniania wody – ekran statystyczny

- programowanie poziomów kontrolnych dla zbiorników, progów załączania kolejnych pomp i innych parametrów pracy stacji.



Rys. 3. Przykładowy ekran interfejsu HMI stacji uzdatniania wody – ekran kontroli pracy zespołu pompy głębinowej

## 5. PODSUMOWANIE

Nawet doskonale zaprojektowany system sterowania może być nieefektywny, jeśli niemożliwa jest odpowiednia nad nim kontrola. Dlatego też podczas projektowania systemów sterowania nie można nie doceniać roli systemu HMI. Należy jednak przy tym mieć na uwadze złożoność zagadnienia i w praktyce pamiętać o podstawowych założeniach przedstawionych w niniejszej pracy.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Leszek Rafiński: Automatyka stacji uzdatniania wody, Praca dyplomowa, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2006
2. Łukasz Mazur: Kompendium technologii paneli dotykowych, Automatyka Pomiary Aplikacje wersja online, styczeń 2007, [www.automatykab2b.p](http://www.automatykab2b.p)

10pkt

## VISUALISATION IN CONTROL SYSTEMS

The paper contains a review of HMI systems used in industry control systems. Touch panel technology is also presented. The importance of HMI systems is discussed