



Andrzej ERD

WYBRANE ELEMENTY MODELU SYSTEMU WSPOMAGANIA EKSPLOATACJI OBIEKTÓW ZŁOŻONYCH W NOTACJI UML

Streszczenie

W pracy omówiono zagadnienie tworzenia diagramów czynności i maszyny stanowej w zastosowaniu do uwarunkowanego diagnostycznie systemu utrzymania kolejowych pojazdów trakcyjnych. Pokazano obiekt modelowania, podejście do zagadnienia modelowania w języku UML i możliwe korzyści wynikające z tego.

WSTĘP

W gospodarce każdego współczesnego kraju istnieje wiele obiektów o dużej wartości i relatywnie długim czasie eksploatacji w ramach którego następują przemienne fazy wykorzystywania i obsługi zgodne z zasadami eksploatacji. (przykład - środki transportu takie jak pojazdy lądowe, statki, samoloty, środki wytwórcze energii elektrycznej – turbiny, generatory pompy itp). Koszt nabycia obiektu jest często znacznie mniejszy niż późniejsze łączne nakłady na eksploatację w trakcie jego użytkowania. Racjonalizacja eksploatacji może w pewnym momencie prowadzić do wycofywania z użytkowania obiektów zdolnych technicznie lecz już przestarzałych ze względu na obecność na rynku obiektów o znacznie wyższych parametrach technicznych bądź też o zdecydowanie niższych kosztach eksploatacji[5].

Syntetyczne ujęcie zjawisk i podejmowanie prawidłowych decyzji z tym związanych jest niemożliwe bez odpowiednich systemów komputerowych stanowiących zaplecze dla procesów biznesowych. Potrzeba tworzenia Komputerowych Systemów Wspomagania Eksploatacji (SWE) jest również skutkiem zmian w procesach obsługi i zastępowania tradycyjnych cykli przeglądowo naprawczych obsługą wg aktualnego stanu opartą o bieżącą diagnostykę. Tym samym istotne jest bieżące zbieranie danych niezawodnościowych oraz parametrów eksploatacyjnych z poszczególnych obiektów będących przedmiotem eksploatacji. Pomocą są w tym przypadku pokładowe systemy diagnostyczne, jednak w celu uzyskania danych odnośnie całej populacji obiektów i wyciągnięcia wniosków bardziej ogólnych konieczna jest ich agregacja.

O ile reprezentacja zdarzeń ekonomicznych jest stosunkowo dobrze opanowana, o tyle zdarzenia techniczne są często niedostatecznie zilustrowane i w praktyce wiele prób utworzenia systemów ponosi klęskę [9]. Zasadniczą przyczyną takiego stanu rzeczy jest ogromna złożoność systemów [8]. Oprócz wielu innych przyczyn wymienionych w pracy[8] wynika ona z :

- dużej liczby koniecznych do uwzględnienia zdarzeń o znacznej różnorodności.
- problemów komunikacji wewnątrz zespołów projektowych, a także pomiędzy jego członkami oraz użytkownikiem w fazie formułowania założeń.

W efekcie powstały produkt wymaga wielokrotnych zmian, poprawek i uzupełnień co prowadzi do znaczącego wydłużenia czasu realizacji i wielokrotnego przekroczenia zakładanego budżetu[9]. W efekcie systemy o ile w ogóle powstają mają wersję znacznie okrojoną w stosunku do pierwotnych założeń i koszt ich wytworzenia jest relatywnie bardzo wysoki.

Kolejnym poważnym utrudnieniem, jest tworzenie za każdym razem systemu od początku bez wykorzystywania istniejących rozwiązań częściowych, Wyniki częściowe są najczęściej niedostępne gdyż stanowią własność firm zamawiających bądź producentów oprogramowania.

Spośród wielu[2] możliwych dróg ograniczenia problemów złożoności, jedną z najbardziej obiecujących jest modelowanie systemu przed podjęciem jego realizacji oraz w dalszej konsekwencji tworzenie wzorców projektowych. Praca tu przedstawiona ma na celu próbę zastosowania metod modelowania za pomocą języka UML w projektowaniu systemu eksploatacji obiektu złożonego.

Przykłady aplikacyjne utworzono opierając się na systemie wspomagania eksploatacji pojazdów szynowych. A dokładniej na systemie diagnozowania lokomotyw spalinowych.

Zagadnienie projektowania systemów w oparciu o model UML jest niezmiernie istotne ponieważ pojawiają się już narzędzia programistyczne (np. *IAR-visualSTATE DESIGNER*) [10], które pozwalają na automatyczną generację kodu programu w języku C/C++ bezpośrednio z diagramu maszyny stanu stworzonej w języku UML (oczywiście za pomocą wskazanego narzędzia), a następnie kodu maszynowego ładownego do wybranych serii mikrokontrolerów.

W pracy [2] pokazano metodę generacji plików klas modelu obiektowego SWE bezpośrednio z diagramów klas opracowanych w programie StarUML. Tym samym coraz bliższa urzeczywistnienia jest idea automatycznego wytwarzania oprogramowania, tylko w oparciu o projekt systemu.

1. OBIEKT DOŚWIADCZALNY

W trakcie eksploatacji lokomotyw spalinowych podstawą diagnostyki stanowiskowej oraz ich regulacji są stacjonarne stacje diagnostyczne. O ile w nowoczesnych pojazdach trakcyjnych są stosowane komputery pokładowe [3] i są one źródłem informacji diagnostycznych generowanych na bieżąco i dostępnych w trakcie przeglądu w postaci historii błędów, o tyle w pojazdach starszej generacji istnieje bardzo ograniczony zestaw pokładowych przyrządów pomiarowych.

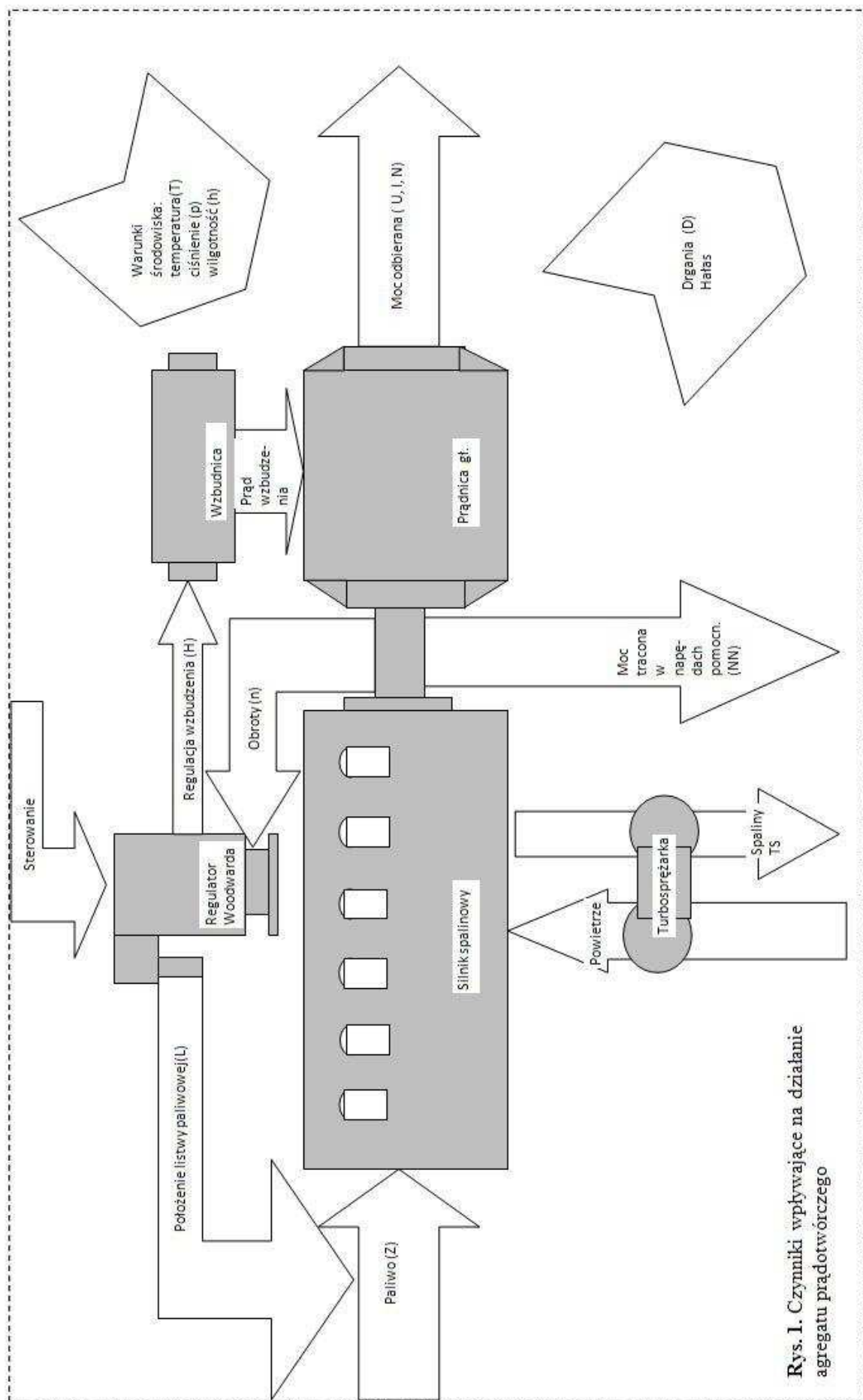
Celem budowy takich stacji jest wykonanie pomiarów w czasie przeglądów planowo zapobiegawczych i ewentualne prowadzenie eksploatacji z elementami dynamicznego cyklu obsługi. Ponadto w zakładach taboru stacje są wykorzystywane do nadzoru nad docieraniem silników spalinowych po naprawach awaryjnych. Pomijając szczegóły w ogromnym skrócie, stacja diagnostyczna to zespół urządzeń takich jak:

- zespół obciążający – najczęściej opornik wodny
- Szafa wysokiego napięcia – zespół urządzeń sterujących załączaniem obciążenia prądnicy głównej wraz z przetwornikami pomiarowymi napięcia i prądu prądnicy/opornika
- Szafa niskiego napięcia – zespół urządzeń do sterowania armaturą opornika
- Zespół pomiaru zużycia paliwa

- Zespół czujników wraz z przetwornikami instalowanymi w pojeździe trakcyjnym w trakcie badań stanowiskowych
- Pulpit operatora wyposażony w komputer (zawierający karty pomiarowe)

Elementy te służą do sterowania procesem pomiarowym będącym podstawą diagnostyki stanu. Zwrócić warto uwagę że poważnym problemem w tym elemencie kosztów jest samo przygotowanie do diagnostyki. W jego trakcie konieczne jest wykonanie szeregu połączeń pojazdu trakcyjnego do elementów stacji. W szczególności prądnicę głównej do opornika z jednoczesnym odcięciem silników trakcyjnych, wskaźników położenia listwy paliwowej i serwowatoru, czujników temperatury, elementów generujących impulsy dla obrotomierza i w razie potrzeby czujników i analizatora drgań oraz układu pomiaru zużycia paliwa, która to czynność jest chyba najbardziej żmudna.

W celu redukcji kosztów diagnostyki proces diagnozy powinien być prowadzony na kilku poziomach szczegółowości, z których pierwszy pozwala na stwierdzenie, że agregat prądotwórczy jest zdalny i przejściu do diagnostyki pozostałych zespołów pojazdu trakcyjnego lub też wskazaniu potrzeby dalszych badań i ich przeprowadzeniu w celu określenia wadliwego podzespołu lub wykonania regulacji.



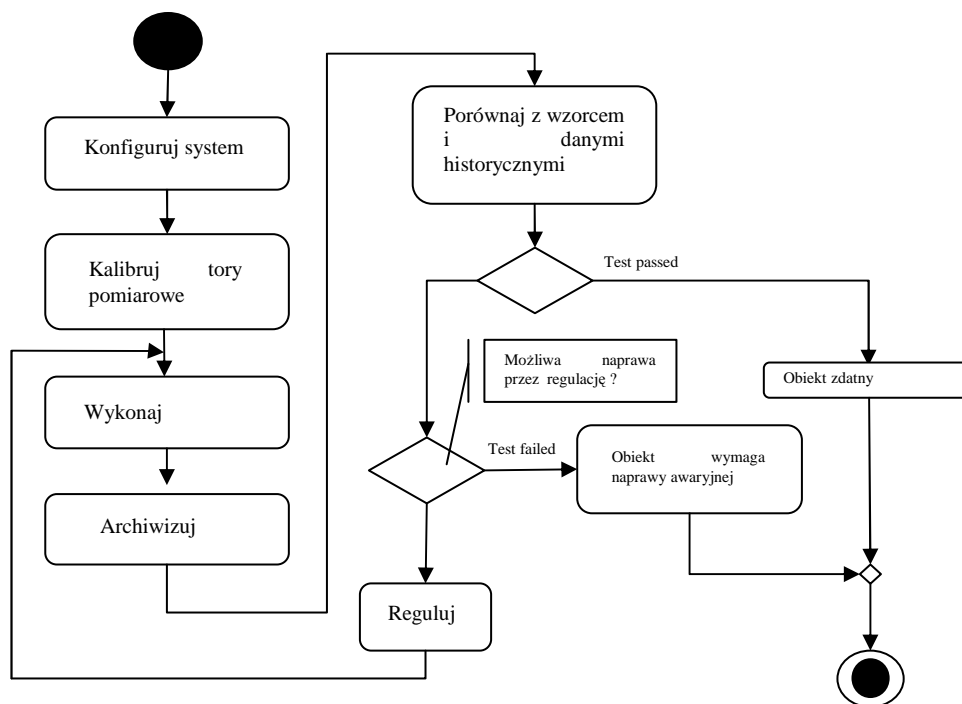
Rys. 1. Czynniki wpływające na działanie agregatu prądotwórczego

2. WYBRANE DIAGRAMY SWE

Ze względu na ograniczoną ilość miejsca w niniejszej pracy zostaną pokazane jedynie dwa typy diagramów pokazujące logikę SWE. Problem gromadzenia danych w postaci obiektowej, w szczególności automatycznej generacji klas, dla takiego systemu był już przedstawiony wraz z przykładami w [2].

2.1. Diagram Czynności

Scharakteryzowany w rozdziale pierwszym obiekt powinien wykonywać zadania wskazane na diagramie czynności przedstawionym na rys. 2.



Rys. 2 Diagram czynności systemu SWE

Przez **konfigurację** jest rozumiane dokonanie zapisów w systemie informujących o :

- obiektach podlegających pomiarom (ich typach, konstrukcji i egzemplarzach oraz wartościach parametrów)
- liczbie i rodzaju kanałów pomiarowych oraz wartościach granicznych

Kalibracja toru pomiarowego jest związana z nieuchronnym pełzaniem parametrów przyrządów pomiarowych wraz z czasem i jego eliminacją poprzez porównanie z wzorcami w celu zachowania deklarowanej dokładności.

Zarówno *konfiguracja* jak i *kalibracja* mogą być, decyzją operatora, pominięte przy kolejnych uruchomieniach systemu. Oczywiście jest, że proces konfiguracji jest wymagany przed pierwszym uruchomieniem i w przypadkach zmiany repertuaru obsługiwanych obiektów. Kalibracja jest prowadzona okresowo i po wykonaniu prac konserwacyjnych lub remontowych ingerujących w stan elementów wchodzących w skład torów pomiarowych.

Wykonywania pomiarów jest związane z interaktywnym oddziaływaniem operatora i obiektu mierzonego. W aktualnej sytuacji niemożliwa jest w pełni automatyczna zmiana stopnia wysterowania agregatu prądotwórczego dla większości typów pojazdów trakcyjnych

spotykanych w Polsce. Stąd system wskazuje operatorowi jakie pozycje wysterowania powinny być ustawione w obiekcie i jakie obciążenie, a kolejne pomiary wykonuje system z jednoczesnym nadzorem nad stanem obciążenia wraz z możliwością jego zmiany wg ustalonej procedury i z określoną prędkością zmian.

Archiwizacja ma znaczenie dokumentacyjne ale przede wszystkim również pozwala na ustalenie trendów zmian w funkcji czasu dla mierzonych parametrów, poza tym system powinien mieć dziennik służący odnotowywaniu obsługi prowadzonych nad obiektem. Pozwala to na ustalenie charakterystyk niezawodnościowych oraz wyciągnięcie wniosków prognostycznych co do dalszej eksploatacji. Ten moduł oprogramowania jest silnie związany z konstrukcją bazy danych i w tej pracy temat ten nie będzie dalej rozwijany.

Porównanie z wzorcem ma charakter kwalifikacji do jednego z wybranych stanów

- Obiekt zdalny
- Obiekt wymaga regulacji i istnieje możliwość uzdatnienia bez naprawy
- Obiekt niezdatny i wymaga dalszych działań diagnostycznych i naprawczych

Kwalifikacja ta powinna być wykonana przez operatora i oparta nie tylko na wyniku pomiarów bieżących ale również, o wynik analizy danych historycznych w szczególności o ustalenia prognostyczne co do dalszego przebiegu. Pokazana na diagramie czynność **reguluj** jest wykonywana przez obsługę. Z punktu widzenia systemu należałoby zasadniczo poprzedzić ją czynnością polegającą na wstrzymaniu działania systemu i po wykonaniu regulacji wznowić działanie systemu. Jednak de facto tak się dzieje gdyż jak zostanie pokazane w rozdz. 2.2 czynność **wykonaj pomiary** jest związana z oczekiwaniem na inicjację działania za pomocą naciśnięcia przycisku „f1” klawiatury. Czyli obsługa może regulować agregat przez dowolny odcinek czasu aż do podjęcia decyzji o wznowieniu pomiarów.

Diagramy czynności mają znaczenie porządkujące w projektach systemów i jak widać nie są one specjalnie złożone. W ramach rozwijania systemu konieczne jest ich uszczegóławianie w celu objęcia perspektywą projektową wszystkich zmian parametrów obserwowanych. W wyniku rozwoju projektu istnieje duże prawdopodobieństwo podziału diagramu na odrębne części i zawarcia ich w odrębnych pakietach lub komponentach. Takie postępowanie pozwala na zmniejszenie liczby jednocześnie używanych zmiennych, zajętości pamięci itp. W celu reprezentacji tego zjawiska tworzone są diagramy pakietów i komponentów. W diagramach tych oprócz ilustracji sposobu podziału modelu procesu informacyjnego kładzie się nacisk na interfejsy pomiędzy pakietami / komponentami. Ze względu na szczupłość miejsca ten temat nie będzie tutaj dalej rozwijany.

2.2. Diagram maszyny stanowej pomiarów

Podstawowym parametrem zewnętrznym agregatu prądotwórczego jest moc. Jej pomiar odbywa się przez wyznaczenie iloczynu prądu i napięcia generowanego przez prądnicę główną. Wielkość mocy wydzielanej w danej chwili zależy od:

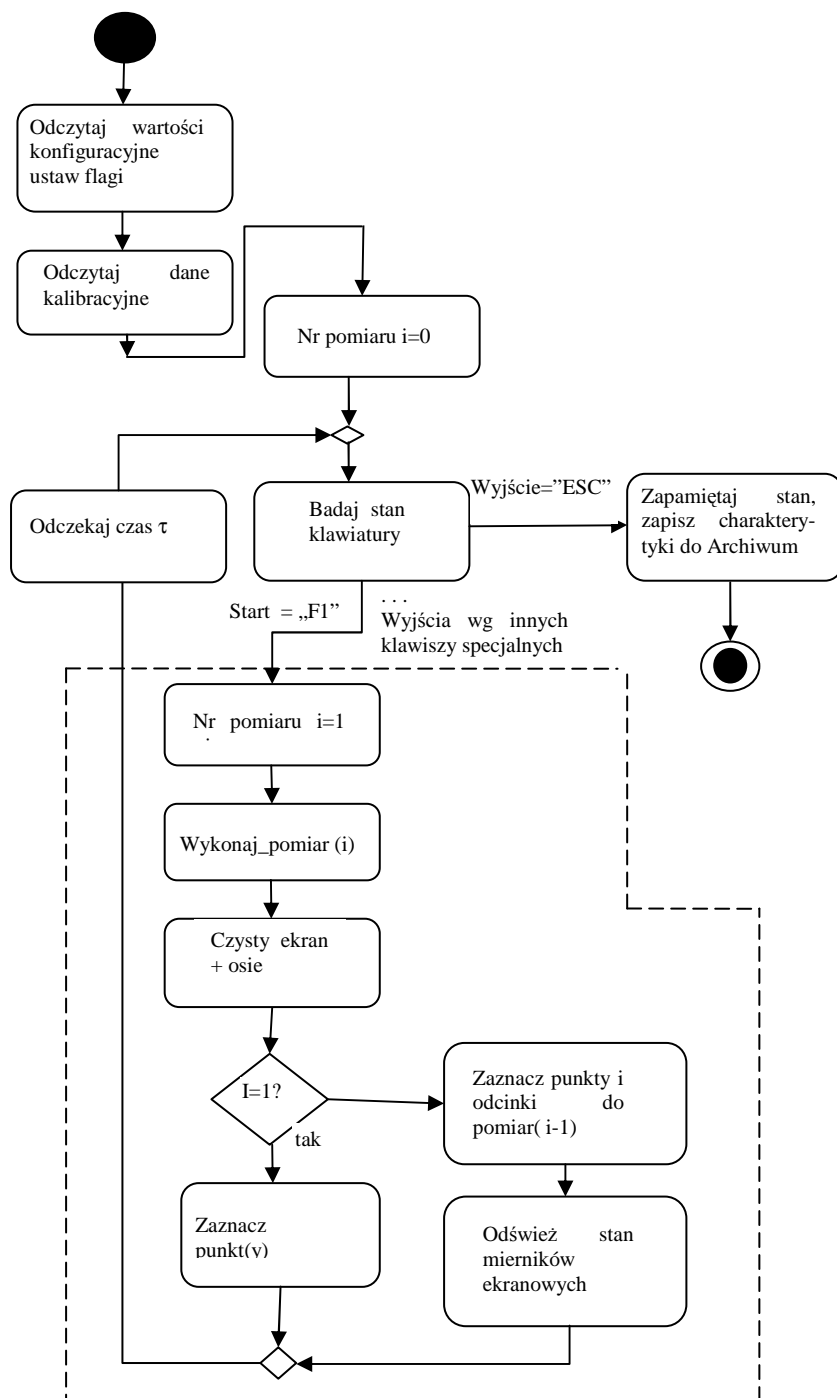
- stopnia wysterowania
- obciążenia
- mocy agregatów pomocniczych
- warunków zewnętrznych (ciśnienie atmosferyczne , temperatura)

Wynikiem pomiarów jest rodzina charakterystyk obciążeniowych w układzie $U(i)$ gdzie parametrem jest stopień wysterowania. Oczywiście równolegle powinny być mierzone wielkości pomocnicze pozwalające sprawdzić czy dana charakterystyka jest mierzona przy założonych parametrach sterujących. Do tego rodzaju wielkości można zaliczyć prędkość obrotową (n) położenie listew paliwowych (L), położenie regulatora Woodwarda (H) – parametr związany z regulatorem prądnicy wzbudzającej. Parametry L i H , są przydatne

podczas dalszej analizy w razie wykrycia niezdatności agregatu. Kolejnymi parametrami wskazującymi na zdatność lub niezdatność agregatu winny być wielkość jednostkowego zużycia paliwa (P), zadymienie spalin (Z), oraz wielkość drgań (D).

Wynik pomiarów jest prezentowany w postaci wykresu (/-ów). Kryterium uznania obiektu za zdatny jest wyświetlane jako obwódka na polu wykresu.

Jednak nim dojdzie do przedstawienia wykresu na ekranie monitora wymagane jest przeprowadzenie szeregu czynności które składają się na wykonanie wykresu na ekranie. O ile diagramy sekwencji są dobrym narzędziem do przedstawiania fragmentów systemu niezależnych od czasu o tyle w przypadku urządzeń pomiarowych i wszelkich innych powiązanych z czasem w tym posiadających własne systemy wbudowane istotny jest stan aktualny. Do modelowania takich przypadków służą diagramy maszyny stanowej. W konstrukcji takich diagramów przedstawia się kolejne stany systemu wraz z liniami łączącymi przedstawiającymi warunki przejścia między nimi.



Rys. 3 Fragment Diagramu maszyny stanowej rejestracji pomiaru na wykresie.

Załączony rys. 3 zawiera jedynie wąski fragment maszyny stanowej dotyczący odpowiedzi na naciśnięcie klwisza „F1” który oznacza rozpoczęcie pomiarów. W systemie rzeczywistym konieczne jest opisanie w ten sposób wszystkich dopuszczalnych kombinacji naciśnień klawiszy.

Programy narzędziowe stosowane do konwersji projektów UML na kod wynikowy mają możliwość łączenia arkuszy więc nie powinno stanowić problemu merytorycznego stworzenie wielu formatów dotyczących kolejnych akcji.

Stan *Wykonaj Pomiar* jest rozumiany jako pobranie z czujników wyników jednokrotnego obejścia wszystkich punktów pomiarowych, czyli wynik pomiaru jest

faktycznie wektorem o wartościach będących wynikami pomiaru kolejnych wielkości. Dokładniej rzecz biorąc, zwykle pomiary są wykonywane w trybie przerwań i odbywają się niejako w tle. System w trakcie obsługi przerwań zapisuje wyniki do ustalonych zmiennych w pamięci. Pokazany na diagramie stan *wykonaj pomiar (i)* może być więc pobraniem wspomnianych wartości i rzutowaniem ich na ekran.

Oczywiście przebieg wszystkich sygnałów na liniach sterujących układem rzeczywistego może być ilustrowany za pomocą diagramu komunikatów i odrębnych podmaszyn stanowych. W praktyce narzędzie generujące kod wynikowy wstawia pustą procedurę którą trzeba uzupełnić ręcznie w sposób zależny od konkretnego sprzętu. Taka sytuacja będzie miała miejsce praktycznie w każdym przypadku powiązania systemu z otoczeniem. Rolą programisty będzie wypełnienie wnętrza wielu pustych procedur, jednak główna struktura systemu będzie generowana automatycznie.

PODSUMOWANIE

W specyfikacji UML 2.0 (standard ISO/IEC 19501) przedstawionej jako wzorzec przez Object Management Group, organizację zrzeszającą twórców metod obiektowych, występuje jeszcze wiele innych rodzajów diagramów. Pozwalają one uwzględnić w modelu mniej powszechne aspekty działania systemów. np. wspomniane wyżej diagramy komponentów, współpracy czy wdrożenia. Początkowa tendencja do tworzenia odrębnych metod obiektowych w zależności od zastosowania[1] została wyparta przez Język UML. Był on pomyślany początkowo jako narzędzie modelowania i dokumentowania oprogramowania, wydaje się być znakomitym narzędziem również w zastosowaniu do modelowania procesów eksploatacyjnych i biznesowych. Dalszą konsekwencją stosowania modeli systemów wspomagania eksploatacji wydaje się być opracowanie wzorców projektowych takich systemów o znacznie większej uniwersalności niż aktualnie istniejące wersje komercyjne. W chwili obecnej istnieją już aplikacje tworzące gotowy kod wynikowy w oparciu o zredagowany w UML projekt.

SELECTED COMPONENTS OF COMPUTER AIDED MAINTENANCE SYSTEM UML MODEL

Abstract

This paper is an attempt to use modeling methods employing the UML language for computer modeling of the complex object maintenance systems. A particular emphasis was put on the description of the system dynamics understood as changeable behavior resulting from the interaction with environment. The application case which has been selected here is a computer-aided system for railway track vehicle maintenance. A further consequence of using the models of the computer-aided maintenance systems seems to be development of design models of such systems which are more universal than the currently existing commercial versions.

BIBLIOGRAFIA

1. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I.: *Język UML. Przewodnik użytkownika*, Seria: Inżynieria oprogramowania, Warszawa, WNT, 2002.
2. Erd Andrzej: *Elements of the UML Model of the Rail Vehicle Maintenance System* – Jurnal of POLISH CIMAC vol. 4. Gdansk University of Technology, Polish Academy of Science - Transport and Mechanical Engineering Committee's Gdansk 2009.

3. Erd Andrzej *Diagnostyka pokładowa kolejowych pojazdów trakcyjnych*. Materiały konferencji TRANSCOMP. Zakopane 2000.
4. Erd Andrzej, Szychta Leszek: *Model systemu eksploatacji uwarunkowany diagnostycznie*. Praca niepublikowana Politechnika Radomska, Radom 2010.
5. *Life Cycle Analysis Handbook*. State of Alaska - Department of Education & Early Development. 1st Edition - Education Support Services / Facilities 1999.
6. Miles Russ, Hamilton Kim: *Learning UML 2.0* O'Reilly Media Inc. 2006.
I wydanie polskie – Helion Gliwice 2007.
7. Shalloway A.:Trott V. James R.: *Projektowanie zorientowane obiektowo. Wzorce projektowe*. Gliwice, Helion, 2005.
8. Subieta Kazimierz: *Obiektość w projektowaniu systemów baz danych*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ Warszawa 1998.
9. Yourdon Edward: *Marsz ku klęsce*. Wydawnictwa Naukowo Techniczne Warszawa 2007.
10. www.iar.com/en/Products/IAR-visualSTATE/ i podstrony [odsłona 12.10.12]

Autor:

Dr inż. Andrzej ERD- Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im Kazimierza Pułaskiego w Radomiu mail: andrzej.erd@gmail.com