

# Wirtualne Środowisko Diagnostyczne

## Virtual diagnostic environment

Zorganizowano i opisano wirtualne środowisko pracy jako odpowiednio zabezpieczoną przestrzeń informatyczną, umożliwiającą zdalną komunikację z obiektami badań w trybie on-line i off-line oraz warunki dla efektywnej współpracy specjalistów pracujących w zdalnym trybie w dowolnej lokalizacji. Pracę wykonują na wirtualnych maszynach wyposażonych w oprogramowanie dostosowane do indywidualnych potrzeb. Szczególną użyteczność wirtualne środowisko wykazuje przy realizacji zaawansowanych technicznie projektów wymagających modelowania geometrii konstrukcji i procesów oraz ich symulacji. Wirtualne środowisko diagnostyczne to idealne miejsce do konstruowania i korzystania z cyfrowych bliźniaków elementów i całych instalacji. Możliwości, jakie stwarza wirtualizacja diagnostyki zostały zidentyfikowane znacznie wcześniej niż epidemia koronawirusa uzmysłowiła ich wyjątkową atrakcyjność.

**Słowa kluczowe:** wirtualne środowisko diagnostyczne, zdalna komunikacja, zdalna diagnostyka, modelowanie konstrukcji i procesów, cyfrowe bliźniaki, symulacje

A virtual work environment was organized and described as an adequately secured IT space enabling remote communication with tested objects in the on-line and off-line mode as well as conditions for effective cooperation of specialists working remotely in different locations. They work on virtual machines equipped with software tailored to individual needs. The virtual environment is particularly useful in the implementation of technically advanced projects requiring modeling of the geometry of structures and processes and their simulation. The Virtual Diagnostic Environment is a perfect place to construct and use digital twins of components and entire installations. The possibilities offered by virtualization of diagnostics were identified much earlier than the coronavirus epidemic made them very attractive.

**Keywords:** virtual diagnostic environment, remote communication, remote diagnostics, structure and process modeling, digital twins, simulations

Światowa energetyka podąża od dłuższego czasu w kierunku dekarbonizacji, decentralizacji i cyfryzacji. Proces ten dotyczy także, a może w największym stopniu, energetyki opartej na spalaniu węgla zarówno w obszarze generacji, przesyłu jak i dystrybucji. Industrial Internet of Things (IIoT), Big Data, Advanced Analytics, Artificial Intelligence (AI), Digital Twins, Cloud and Mobility są intensywnie rozwijane w obszarze generacji energii. Cyfryzacja elektrowni będzie koncentrować się na: komunikacji, monitoringu, analizie, predykcji i optymalizacji.

Współcześnie najszybciej rozwija się komunikacja zarówno pomiędzy sensorami a urządzeniami, jak również systemami zarządzania majątkiem i ludźmi [1, 2]. Zdalna diagnostyka jest m.in. najbardziej widocznym efektem tego procesu [3, 5-7]. Cyfryzacja w obszarze energetyki węglowej będzie wpływać na tempo transformacji sektora i sposób, w jaki będzie zastępowana przez generację z OZE i ze źródeł rozproszonych. Zapewnienie bezpieczeństwa, dyspozycyjności i ekonomicznej efektywności energetyki węglowej jest korzystne zarówno dla niej samej, jak i dla nowych technologii generacji energii, przed którymi jeszcze wiele problemów do rozwiązania. Bloki węglowe mogą być bardziej elastyczne i atrakcyjne dla operatora systemu elektroenergetycznego bez potrzeby kosztownych modernizacji [4].

### Digitalizacja środowiska diagnostycznego

Diagnostyka to proces zintegrowany z procesem eksploatacji. Na podstawie retrospekcji, wymagań dostawcy oraz obowiązującego prawa opracowywany jest harmonogram i zakres badań. Gdy bloki konwencjonalne w coraz większym stopniu stabilizują system elektroenergetyczny, warunki pracy głównych urządzeń ciepłno-mechanicznych często odbiegają od tych, dla których zostały zaprojektowane. W takich warunkach konwencjonalne po-

dejście do diagnostyki i remontów może okazać się niewystarczające. Jeśli utrzymanie stanu technicznego urządzenia wykonuje się według strategii CBM, RBM lub RCM to najkorzystniej, tj. przy najniższych kosztach, bezpieczeństwo i dyspozycyjność można zapewnić wykonując ją w trybie zdalnym. Jeszcze większe korzyści oraz komfort może zapewnić wirtualizacja środowiska diagnostycznego. Jego zasadniczym komponentem jest tzw. Wirtualne Środowisko Testowe (WST), rysunek 2 [10]. Należy je rozumieć jako odpowiednio zabezpieczoną przestrzeń informatyczną umożliwiającą zdalną komunikację z obiektami badań w trybie on-line i off-line oraz warunki dla efektywnej współpracy specjalistów pracujących w zdalnym trybie w dowolnej lokalizacji.

Specjaliści wyposażeni w maszyny wirtualne z oprogramowaniem pozwalającym zarówno na zaawansowaną analizę danych procesowych jak również modelowanie konstrukcji, włącznie z obsługą parametrycznych bliźniaków cyfrowych wybranych elementów konstrukcji, jak również całych urządzeń, np. kocioł parowy czy turbina oraz instalacji, np. rurociągi i kolektory parowe bloków energetycznych, mają wyjątkowy komfort pracy (rys. 1). Obecnie można modelować nie tylko konstrukcję urządzeń i instalacji, ale także praktycznie wszystkie procesy towarzyszące eksploatacji. Tak skonstruowane środowisko cyfrowe, jeśli wyposażono je w zdalną komunikację z obiektem rzeczywistym, pozwala wykonywać diagnostykę na podstawie ciągłej analizy warunków pracy oraz stanu naprężenia cyfrowego bliźniaka. Symulacje skutków napraw, wymian elementów, ich modernizacji jak również konsekwencji zmiany warunków eksploatacji są także możliwe.

W Wirtualnym Środowisku Testowym (WST) można przygotować testy bloku energetycznego np. w celu oceny możliwości i skutków zwiększenia jego elastyczności. Poprawia to znacznie bezpieczeństwo oraz redukuje koszty testów wykonywanych na obiektach rzeczywistych. Przebieg testów można obserwować i analizować zdalnie. Prace specjalistów w WST można łatwo

nadzorować, jak również zapewnić bezpieczeństwo pracy oraz jej wyników. WŚT umożliwia także ich współpracę, a poszczególne części projektów można łatwo testować i integrować. W najbardziej technicznie zaawansowanych projektach Wirtualne Środowisko Testowe zostało zintegrowane ze Stacjami Obiektowymi {7} i Inżynierskimi {3} (rys. 2), zlokalizowanymi w infrastrukturze informatycznej elektrowni, z zachowaniem wszystkich procedur cyberbezpieczeństwa.

Tak zorganizowana i wykonywana diagnostyka zapewnia nie tylko bezpieczeństwo, ale także może być źródłem zaawansowanej wiedzy dla strategii eksploatacji urządzeń energetycznych w końcowej fazie ich pracy [4,6,7], jak również umożliwiającej zdobywanie kompetencji w zakresie eksploatacji i utrzymania technicznego zmodernizowanych i nowych urządzeń oraz instalacji.

## Architektura Wirtualnego Środowiska Diagnostycznego

WŚD to bezpieczna, monitorowana, informatyczna infrastruktura składająca się z odpowiedniego sprzętu i oprogramowania. Użytkownikami WŚD są specjaliści *Pro Novum* oraz wydziałów zarządzania majątkiem elektrowni. W najbardziej zaawansowanych projektach, skoncentrowanych zwłaszcza na bezpieczeństwie, informacje generowane przez algorytmy predykcyjne mogą być wizualizowane na maskach operatorskich. Do WŚD przesyłane są dane i informacje procesowe w celu:

- zapewnienia bezpieczeństwa danych oraz prowadzenia prac nad rozwojem aplikacji informatycznych;

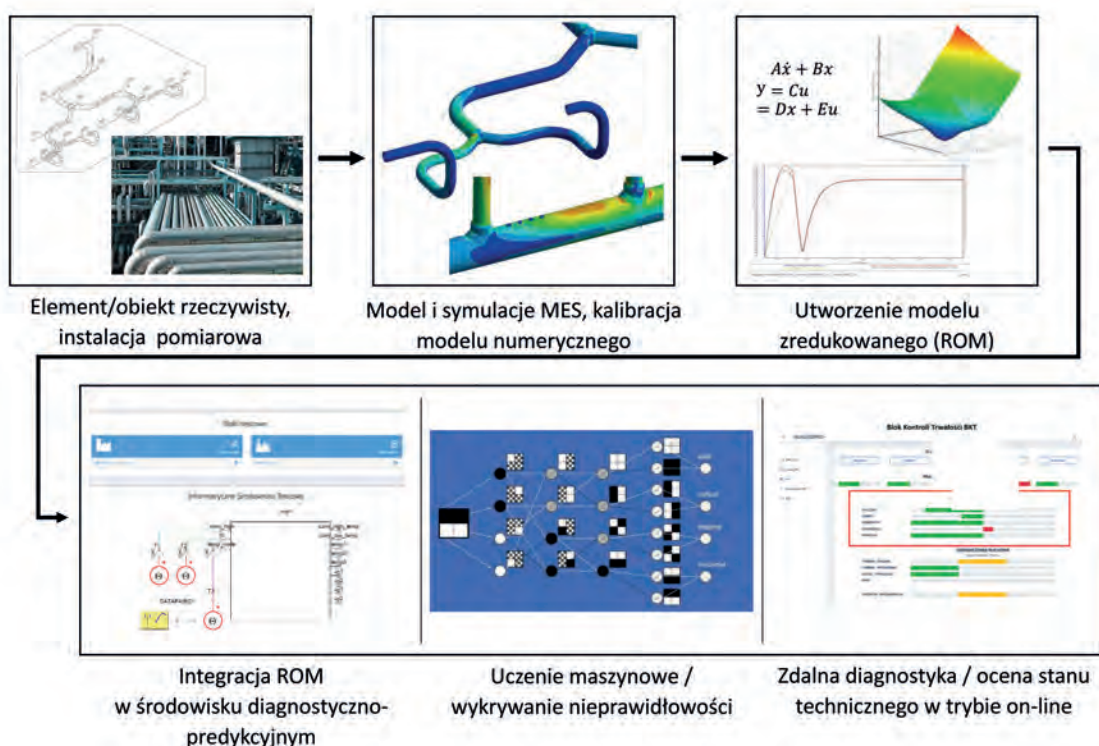
- modelowania, symulacji, kalibracji, testowania i walidacji rozwiązań z zakresu eksploatacji, diagnostyki i serwisu;
- przygotowania nowych/zmodyfikowanych algorytmów sterowania i ich testowanie przed zaimplementowaniem w DCS {4};
- testowania funkcjonalności aplikacji informatycznych przed ich zaimplementowaniem na Stacji Operatorskiej.

Ważną częścią projektów wirtualizacji diagnostyki jest audyt istniejącego systemu pomiarowego oraz w razie takiej potrzeby jego uzupełnienie o dodatkowe czujniki. Nowe czujniki podłączone są do rejestratorów, które zapewniają archiwizację danych pomiarowych i udostępniają wartości sygnałów dla DCS oraz Stacji Inżynierskiej

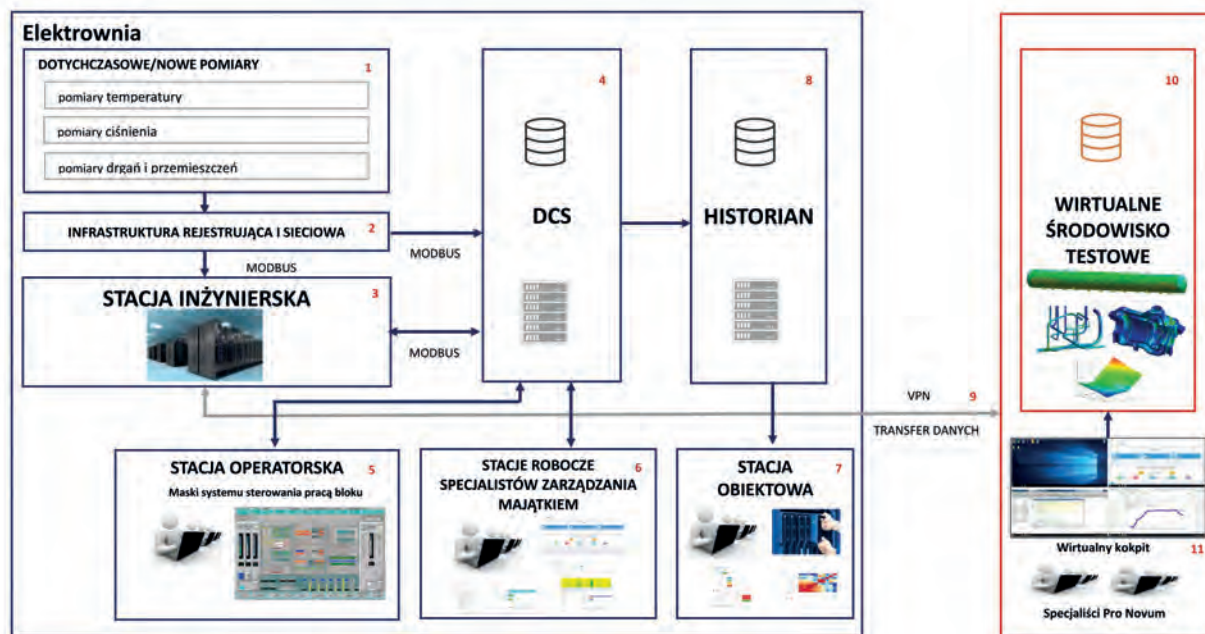
Jak wspomniano wcześniej, w najbardziej zaawansowanych projektach może występować potrzeba prezentowania operatorowi bloku komunikatów wygenerowanych przez programy predykcyjne. Wtedy do DCS trafiają sygnały także z nowego opomiarowania oraz komunikaty wizualizowane na maskach systemu sterowania blokiem. W takich przypadkach DCS udostępnia bieżące wartości dotychczasowych i nowych sygnałów dla Stacji Inżynierskiej.

Stacja Inżynierska {3} to odpowiednio oprogramowany serwer, który wyposaża się w możliwość realizacji następujących funkcji:

- odbieranie i archiwizacja istniejących i nowych sygnałów pomiarowych;
- praca aplikacji analitycznych i wizualizacja wyników ich działania;
- zapewnienie komunikacji z Wirtualnym Środowiskiem Testowym;



Rys. 1. Kolejne fazy digitalizacji infrastruktury technicznej elektrowni. Cyfrowe modele obiektów rzeczywistych jako autonomiczne modele zredukowane ROM zintegrowane ze środowiskiem diagnostyczno-predykcyjnym



Rys. 2. Architektura systemu zdalnej komunikacji pomiędzy obiektem rzeczywistym a Wirtualnym Środowiskiem Testowym

- transfer do DCS komunikatów na potrzeby operatora bloku;
- komunikowanie się ze Stacją Operatorską;
- umożliwienie realizacji wybranych funkcji Wirtualnego Środowiska Testowego.

W bardziej zaawansowanych projektach na maskach Stacji Operatorskiej {5} wizualizuje się komunikaty, zwłaszcza dotyczące bezpieczeństwa eksploatacji. Dla bloków konwencjonalnych eksploatowanych w coraz bardziej nietypowych warunkach taka potrzeba może okazać się nieodzowna.

Głównymi użytkownikami opisanego w artykule systemu są specjaliści wydziałów zarządzania majątkiem oraz zarządzania produkcją i kontrolą eksploatacji {6}. Powinni oni dbać o jakość i aktualność informacji transferowanych do WST {10}. Od tego zależy, w dużym stopniu, jakość i aktualność bieżących informacji oraz raportów udostępnianych przez system diagnostyczny w trybie LTDSA (Long Time Diagnostics Service Agreement).

## Podsumowanie

Współczesne technologie cyfrowe w zakresie rejestracji sygnałów procesowych, ich zaawansowanej analizy, komunikacji z obiektem oraz specjalistami elektrowni i firmy diagnostycznej, a zwłaszcza możliwość kreowania bardzo dokładnych modeli cyfrowych rzeczywistych obiektów infrastruktury technicznej elektrowni zmieniają, w niektórych przypadkach już zmieniły, sposób wykonywania diagnostyki czy szerzej – serwisu w zakresie utrzymania stanu technicznego urządzeń i instalacji energetycznych. Badania znacznie rzadziej wykonywane niż kiedyś, w większym stopniu weryfikują ocenę stanu technicznego z pomocą cyfrowego bliźniaka niż są źródłem wiedzy o wybranych właściwościach obiektu rzeczywistego.

Wyniki badań obiektów rzeczywistych oraz konsekwencje czynności remontowych wykorzystuje się przede wszystkim do tuningowania cyfrowego modelu, aby jego jakość czyniła go równorzędnym obiektem analizy jak jego rzeczywistego odpowiednika.

## PIŚMIENNICTWO

- [1] Qian Zhu, *Digital transformation of the coal sector*. „VGB PowerTech” 2021, No 7.
- [2] Richter M., Oeljeklaus G., Gorner K., *Dynamic simulation of flexibility measures for coal-fired power plants*. „VGB PowerTech” 2020, No 4.
- [3] Trzeczcyński J., Mordalski W., Kijowski M., *Zdalny nadzór nad bezpieczeństwem i dyspozycyjnością instalacji rurociągowych*. XXII Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowe „Diagnostyka i Remonty Urządzeń Energetycznych. Diagnostyka źródłem wiedzy dla strategii Eksploatacji”. Katowice, Courtyard by Marriott Katowice City Center, 8-9 października 2020.
- [4] *Innowacyjna metoda poprawy elastyczności bloków klasy 200 MW. Program Bloki 200+*. Niepublikowana. W trakcie realizacji.
- [5] Trzeczcyński J., *Concept and Present State of Implementation of LM System PRO® – the System Supporting Maintenance of Thermo-Mechanical Power Equipment*. 3<sup>rd</sup> ETC Generation and Technology Workshop “Life Time Management of Pressurized Equipment”, Dublin 2007.
- [6] Trzeczcyński J., Trzeczcyńska E., *Diagnostic as a source of knowledge and strategy for units of coal flexible fired power plants*. VGB Conference „Maintenance in Power Plants 2019”. 19-20 February 2019. Potsdam/Germany.
- [7] Trzeczcyński J., Stanek R., Rajca S., Staszalek K., Sobczyszyn A., *Diagnostics of Long Time Operated Power Units Planned for Flexible Operation*. VGB Workshop „Materials and Quality Assurance”. 18-19 May 2017 in Maria Enzersdorf/Austria.