

# dozór techniczny

# 2

2023

Cena 39 zł (w tym 8% VAT) | PL ISSN 0209-1763 | e-ISSN 2449-9919

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT 



Wodór – zielone  
złoto  
Jak i dlaczego  
– czyli technologie  
wytwarzania  
wodoru

str. 2

Diagnostyka  
wspierająca  
bezpieczeństwo  
i dyspozycyjność  
bloków klasy  
200 MW podczas  
kontynuowania ich  
eksploatacji

str. 10

5 typów robotów  
AGV/AMR

str. 18

Krajowa  
Konferencja Badań  
Radiograficznych  
„Świerk 2022”

str. 23

## Trendy w robotyce na 2023 rok

WPO PANDEMICZNEJ STAGNACJI RYNEK ROBOTYKI WRÓCIŁ NA ŚCIEŻKĘ DYNAMICZNYCH WZROSTÓW. W 2021 ROKU NA ŚWIECIE ZAINSTALOWANO REKORDOWĄ LICZBĘ 517 TYS. ROBOTÓW PRZEMYSŁOWYCH.

str. 16





# Diagnostyka wspierająca bezpieczeństwo i dyspozycyjność bloków klasy 200 MW podczas kontynuowania ich eksploatacji

Jerzy Trzeszczyński

Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” Sp. z o.o.

## Streszczenie

Kontynuowanie wg odpowiednich zasad eksploatacji bloków węglowych wydaje się nieuniknione w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego Polski. W artykule przedstawiono propozycję strategii postępowania dotyczącą bloków klasy 200 MW z możliwością wykorzystania niektórych jej komponentów na blokach/głównych urządzeniach ciepłno-mechanicznych, eksploatowanych przy takich samych lub podobnych parametrach pracy i wykonanych z zastosowaniem takich samych/podobnych materiałów oraz technologii.

**Słowa kluczowe:** Bloki 200MW, diagnostyka, przedłużenie eksploatacji, bezpieczeństwo, dyspozycyjność

## Wstęp

Kontynuowanie eksploatacji bloków klasy 200 MW nie ma aktualnie racjonalnej alternatywy. Stwarza nadzieję na pokrycie prognozowanego, ujemnego bilansu mocy w polskim systemie elektroenergetycznym po 2025 r. oraz może zapewnić bezpieczne dla KSE znaczne zwiększenie generacji ze źródeł OZE. Sprostanie temu wyzwaniu wymaga pilnego opracowania strategii eksploatacji bloków 200 MW, w tym zwłaszcza utrzymania stanu technicznego na poziomie zapewniającym bezpieczeństwo i dyspozycyjność,

z uwzględnieniem coraz bardziej regulacyjnego charakteru ich eksploatacji, w perspektywie ok. 2035 r., jak również finansowania tych jednostek, po wprowadzeniu opłat ETS 550 i wygaśnięciu wsparcia z Rynku Mocy.

Przedstawiona propozycja strategii postępowania dotyczy bloków klasy 200 MW z możliwością wykorzystania niektórych jej komponentów na blokach/głównych urządzeniach ciepłno-mechanicznych, eksploatowanych przy takich samych lub podobnych parametrach pracy i wykonanych z zastosowaniem takich samych/podobnych materiałów oraz technologii.

Kontynuowanie wg odpowiednich zasad eksploatacji bloków węglowych wydaje się nieuniknione w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego Polski oraz akceptowalnych dla gospodarki i odbiorców indywidualnych cen energii elektrycznej i ciepła podczas transformacji polskiej elektroenergetyki w okresie do 2030–2035 r. Może być jednym z działań dla zapewnienia zrównoważonego rozwoju kraju podczas transformacji polskiej elektroenergetyki w tym okresie.

## Diagnostyka jako źródło wiedzy

Diagnostyka stosunkowo łatwo uporała się z wyzwaniem przedłużania eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych ponad czas „projektowy”, najpierw powyżej 100 tys. godzin, następnie powyżej 200 tys. godzin [1–5]. Zdalna diagnostyka, którą Pro Novum zaczęło wdrażać od 2004 r., na blokach o mocy od 100 MW do 360 MW (a także na blokach nadkrytycz-

Rys. 1. Zdalna diagnostyka w formie wieloletniego serwisu LM Serwis PRO+® zapewniająca automatyczną aktualizację oceny stanu technicznego i prognozy trwałości, zrealizowana na Platformie LM System PRO+®.



nych), zainspirowała do opracowania „Wytucznych przedłużanie eksploatacji bloków klasy 200 MW do 350 tys. godzin”. Niektóre nasze prognozy trwałości traktowano z niedowierzaniem, pomimo tego, że zostały oparte na wynikach wykonanych, w szerokim zakresie, badań niszczących elementów grubościennych z bloku, który został wyłączony z eksploatacji po przekroczeniu 250 tys. godzin pracy [6]. W międzyczasie wyłączono z eksploatacji bloki, które pracowały ponad 310 tys. godzin. Zaprzestanie eksploatacji niektórych bloków klasy 100–200 MW, jak również ich głównych urządzeń ciepłno-mechanicznych (zwłaszcza turbozespołów) nigdy nie wiązało się z wyczerpaniem trwałości ich krytycznych/grubościennych elementów. Było rezultatem strategii rozwoju poszczególnych elektrowni.

Trwałość wielu ważnych komponentów bloków, zwłaszcza w energetyce zawodowej – od wielu lat – nie jest limitowana przez czas eksploatacji (w kolejnych latach doświadczają go coraz mniej) lecz przez ich regulacyjny tryb pracy, w rytm wytwarzania z OZE.

Dzięki wdrożeniu, prawie 20 lat temu, Platformy Informatycznej LM System PRO+® zaoferowaliśmy zdalną diagnostykę [7–17] w formie serwisów diagnostycznych LM Serwis PRO+® (rys. 1). Serwisy te w formule LTDS inspirowane były strategiami remontowymi Wydziałów Inżynierii EdF oraz Vattenfall Heat Poland. Strategie remontowe,

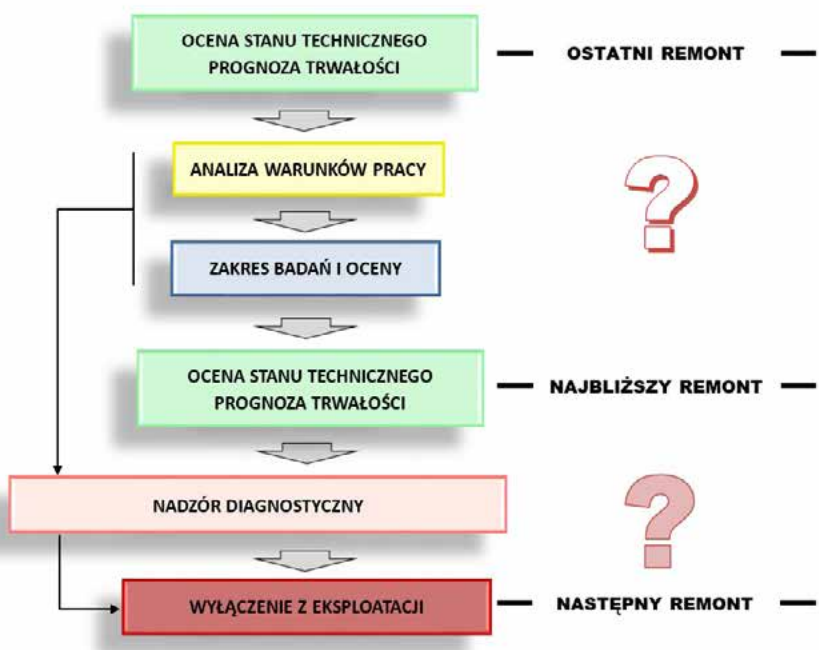
szczególnie CBM, RCM i RBM skłaniały do możliwie ścisłego powiązania nakładów remontowych z aktualnym i dającym się przewidzieć stanem technicznym urządzeń. Podejście to w ostatnim czasie zostało w znacznym stopniu zaniechane. Aprobaty nie znalazły nawet systemy automatycznego zapisu historii i warunków eksploatacji na potrzeby diagnostyki, co jest nieodzowne zwłaszcza od kiedy bloki energetyczne eksploatowane są w trybie regulacyjnym, a zmiana pokoleniowa wśród specjalistów elektrowni sprawia, że wiedzy zgromadzonej przez nich „w głowach i biurkach” nie da się w koniecznym stopniu przekazać następcom.

Pewnym optymizmem napawa wzrost znaczenia serwisów o charakterze interwencyjnym umożliwiających, po zaimplementowaniu algorytmów mechaniki pęknięcia warunkową pracę uszkodzonych elementów do czasu ich wymiany lub zakończenia eksploatacji urządzenia.

Diagnostyka wykonywana na odpowiednio wysokim poziomie może i powinna być źródłem wiedzy dla strategii eksploatacji [14–17], co ma szczególne znaczenie, zwłaszcza dla urządzeń w końcowej fazie pracy. Na razie jednak nic tego nie zapowiada:

– Diagnostyka utraciła w znacznym stopniu swoją autonomię, stała się częścią remontów. Ułatwia to może organizację przetargów, ogranicza jednak korzyści użytkownika, w zakresie wiedzy zwłaszcza dot. profilaktyki.

Rys. 2. Diagnostyka wspierająca bezpieczeństwo i dyspozycyjność w końcowym okresie eksploatacji bloków energetycznych, urządzeń i instalacji, w warunkach ograniczonych możliwości planowania remontów, zwłaszcza o charakterze prewencyjnym.





## Diagnostyka wspierająca bezpieczeństwo i dyspozycyjność bloków klasy 200 MW podczas kontynuowania ich eksploatacji

– Wymiana wiedzy i doświadczeń ulega dalszej redukcji, trudności jakie wywołała pandemia proces ten jeszcze bardziej akcelerują. Algorytmy realizujące Machine&Transfer Learning mogą w tym względzie pomóc, nie tylko w skali elektrowni, ale także użytkowników jednej klasy urządzeń.

– Niska ranga działań będących źródłem najbardziej użytecznej wiedzy:

- badań niszczących elementów/urządzeń wycofanych z eksploatacji, w śladowym zakresie korzystanie ze zdalnej diagnostyki, nawet w czasach pandemii (!),
- bardzo ograniczone korzystanie z możliwości jakie stwarzają cyfrowe technologie w zakresie modelowania komponentów urządzeń i instalacji oraz modelowania i symulacji procesów w celu analizy warunków pracy, a zwłaszcza naprężeń, także w trybie on-line.

W perspektywie najbliższych 5–15 lat odpowiednio wykonywana diagnostyka powinna umożliwiać utrzymanie bezpieczeństwa i dyspozycyjności bloków energetycznych, urządzeń i instalacji w końcowej fazie ich eksploatacji. Wyczerpanie rzeczywistej trwałości nie powinno nastąpić, tak długo, jak długo spełnione są wymagania prawne i ekonomiczne. Odpowiednio wykonywana diagnostyka może pomóc zastąpić strategię „awaryjno-planową” przez strategię CBM. Diagnostyka zdalna z zaimplementowanymi algorytmami cyfrowej analizy naprężeń i mechaniki pękania wykonywana w trybie on-line może zapewnić tego rodzaju utrzymanie stanu technicznego urządzeń (rys. 2). Ta klasa bloków/urządzeń/instalacji będzie dysponowała względnie niskimi budżetami na utrzymanie (również na diagnostykę). Im mniejsze środki na utrzymanie tym lepiej powinny zostać wydane. Niepewność terminu i zakresu bieżącego i przyszłego remontu nie powinna być wspierana wyłącznie intuicją i doświadczeniem, zwłaszcza gdy to ostatnie może być coraz bardziej ograniczone.

### Podstawa założeń do warunków kontynuowania eksploatacji bloków 200 MW

Podstawę do opracowania założeń do kontynuowania eksploatacji bloków 200 MW stanowi wiedza oraz ponad 35-letnie doświadczenia Pro Novum zdobyte podczas:

- badań diagnostycznych 42 bloków klasy 200 MW,
- monitorowania w trybie zdalnym stanu technicznego 26 bloków 200 MW,
- współpracy ze specjalistami wszystkich użytkowników bloków klasy 200 MW przy opracowaniu

„Wytycznych przedłużania eksploatacji bloków jw. do 350 000 godzin”,

– rewitalizacji stalowych elementów 23 turbin klasy 13K215,

– badań niszczących krytycznych elementów kotłów (walczaki), głównych rurociągów parowych (kolana) oraz wirników, kadłubów i komór zaworowych turbin po przekroczeniu 250 000 godzin pracy,

– ponad 300 ekspertyz poawaryjnych.

Wiedza zdobyta w opisany sposób wskazuje, że elementy krytyczne (grubościenne), nie wymienione dotąd na nowe oraz poddane rewitalizacji, wykazują znaczny zapas trwałości pozwalający na ich eksploatację co najmniej do 350 tys. godzin, jeśli warunki pracy ulegną zmianie w odpowiedniej relacji do posiadanych zapasów trwałości.

Wyniki monitorowania bieżącego stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 200 MW pokazały, że:

– bloki można uruchamiać w różnym czasie, także względnie krótkim, jeśli stan techniczny urządzeń, zwłaszcza wykonawczych AKPiA, oraz kompetencje techniczne obsługi są odpowiednio wysokie,

– gradienty temperatur i poziomy naprężeń w trakcie eksploatacji można kontrolować wykorzystując oprócz Bloków Ograniczeń Termicznych (BOT) także kryteria naprężeniowe zaimplementowane w Blokach Kontroli Trwałości (BKT),

– uszkodzenia zarówno o charakterze pełzaniowym, jak i zmęczeniowym oraz zmęczeniowo-pełzaniowym są w większym stopniu skutkiem błędów konstrukcyjnych, montażowych oraz niesprawności urządzeń automatyki (np. praca schładzaczy) niż warunków pracy, nawet intensywnie regulacyjnej (dotyczy to nie tylko bloków 200 MW).

Bloki 200 MW nie zasługują na, często używane o nich, określenie – bloki „stare”. Stare są ich numery stacyjne. Prawie wszystkie były wielokrotnie modernizowane, a ich elementy krytyczne/grubościenne zostały w wielu przypadkach wymienione na nowe lub zrewitalizowane (uzyskały trwałość elementów nowych).

Ważnym atutem bloków skonstruowanych w Polsce i zbudowanych przez polskich dostawców jest względnie łatwa naprawa uszkodzeń technologiczno-eksploatacyjnym o zmęczeniowym, termomechanicznym charakterze.

Badania i testy przeprowadzone na blokach klasy 200 MW pokazały, że po przepracowaniu ok. 250 000 godzin elementy krytyczne kotła, turbiny i rurociągów parowych mają wystarczający zapas trwałości, aby na-

dal pracować bezpiecznie, także w warunkach pracy intensywnie regulacyjnej, którą można osiągnąć odwołując się do rezerw w systemach sterowania.

Sprawność tych bloków jest niższa niż nowych bloków węglowych. Trzeba pamiętać jednak o tym, że będą w coraz większym stopniu pełnić funkcję regulacyjną, gdzie priorytetem będzie ich elastyczność oraz dyspozycyjność. Regulacyjnie pracujący blok na parametry nadkrytyczne może mieć sprawność porównywalną ze zmodernizowanym blokiem klasy 200 MW.

Bloki klasy 200 MW pracują nadal w wielu krajach: w Serbii, Bośni i Hercegowinie, w Turcji, Indiach oraz w Ukrainie i Federacji Rosyjskiej. Część z nich, np. w Indiach, zostało uelastycznionych. Czas eksploatacji niektórych z nich, np. w Bośni i Hercegowinie będzie przedłużany o ok. 20 lat.

## Transformacja polskiej elektroenergetyki – ocena aktualnej sytuacji i próba prognozy

Transformacja polskiej energetyki trwa odkąd ona istnieje. Jej tempo mogłoby być większe. Jednak specyficzne jej problemy połączone z polityką klimatyczną Unii Europejskiej sprawiły, że znalazła się w bardzo trudnym położeniu. Po 2025 r. bloki 200 MW mogą utracić nie tylko wsparcie na Rynku Mocy, ale także od strony kompetencji technicznych. Te ostatnie wyczerpują się znacznie szybciej niż wyczerpaniu ulega trwałość urządzeń.

Wydaje się, że zaradzić temu można tylko w jeden sposób. Zachować w eksploatacji – na jakiś czas – bloki 200 MW. Stworzyć warunki do kontynuowania ich eksploatacji. Zadanie nie jest łatwe, bo jak każde działanie w energetyce wymaga odpowiednich decyzji na poziomie politycznym, organizacyjnym oraz technicznym.

Należy powiązać, w odpowiedni sposób, czas i warunki dalszej eksploatacji bloków klasy 200 MW z rzeczywistym tempem wdrażania OZE oraz z weryfikacją korzyści z tym związanych. Bloki 200 MW należy, w zależności od potrzeb, przesuwac do rezerwy, a nie likwidować. Dziś przy obecnych zapisach taksonomii nie ma możliwości sfinansowania ani modernizacji, ani tym bardziej budowy nowych bloków węglowych.

Nowe bloki węglowe nie będą już budowane. Aktualnie eksploatowane powinny pracować tak długo, aż zdobędziemy pewność, że zapewnimy sobie bezpieczeństwo energetyczne bez potrzeby importu energii. Zwolennicy energetyki odnawialnej powinni,

w największym stopniu, być zainteresowani takim scenariuszem. Związane z tym koszty należy traktować jako koszty transformacji. Bezpieczeństwo energetyczne państwa nie ma swojej ceny.

## Zarys założeń do kontynuowania eksploatacji

Kontynuowanie eksploatacji bloków 200 MW należy traktować jako ostatni etap ich eksploatacji. Ten czas powinien zostać dobrze wykorzystany dla stworzenia najbardziej korzystnego dla Polski nowego modelu sektora elektroenergetycznego. W tym celu należy:

- Dalszą eksploatację bloków węglowych powiązać ściśle z tempem wdrażania OZE.
- Dokonać oceny stanu technicznego bloków węglowych, zwłaszcza klasy 200 MW, czy będą mogły, jeśli zajdzie taka potrzeba i ich stan techniczny na to pozwoli, być eksploatowane po 2025 r.
- Utrzymywać stan techniczny (remonty i diagnostyka) na poziomie technicznym zapewniającym ich bezpieczną eksploatację oraz oczekiwaną dyspozycyjność.
- Wszystkie bloki przystosować do przedłużenia ich eksploatacji, części bloków można zapewnić:
  - poprawę elastyczności, zwłaszcza obniżenie minimum technicznego (ewentualnie inne funkcjonalności zgodnie z potrzebami PSE),
  - obniżenie emisji CO<sub>2</sub> do technicznie i ekonomicznie uzasadnionych poziomów.
- Zweryfikować i zaktualizować obowiązujące aktualnie „Wytyczne ...” odnoszące się do przedłużania eksploatacji urządzeń ciśnieniowych, turbozespołów oraz urządzeń pomocniczych, opracować kolejne wg potrzeb.
- Wdrożyć systemy diagnostyczne, adekwatne do trybu pracy bloków, które od wielu lat eksploatowane są regulacyjnie (z rosnącą intensywnością).
- Przywrócić system wymiany informacji i wiedzy pomiędzy użytkownikami bloków klasy 200 MW w ramach grup energetycznych, najlepiej w ramach KSE (NABE?).
- Diagnostyce zapewnić autonomię, powinna być źródłem wiedzy korporacyjnej, a nie tylko częścią remontu.
- Oprócz wymiany elementów o wyczerpanej trwałości stosować sprawdzone technologie rewitalizacji oraz regeneracji.
- Przywrócić klasyczne remonty kapitalne o charakterze zapobiegawczym.
- Stan techniczny bloków utrzymywać w formule LTSA (*Long Time Service Agreement*) oraz LTDSA



## Diagnostyka wspierająca bezpieczeństwo i dyspozycyjność bloków klasy 200 MW podczas kontynuowania ich eksploatacji

(*Long Time Diagnostic Service Agreement*), co zapewni wymagany poziom utrzymania technicznego zwłaszcza przez zapewnienie koniecznego poziomu kompetencji technicznych personelu firm remontowych i diagnostycznych.

– Prowadzić profesjonalną analizę awaryjności.

Wiedza i ponad 35-letnie doświadczenie Pro Novum oraz innych firm i instytucji w zakresie bloków klasy 200 MW mogą zostać wykorzystane do szybkiego rozpoczęcia prac oraz wyboru najkorzystniejszych rozwiązań. Do projektu [18] powinni dołączyć specjaliści utrzymania majątku o odpowiedniej wiedzy i odpowiednim doświadczeniu. Należy rozważyć udział także tych specjalistów, często o najwyższych kwalifikacjach, którzy już nie są czynni zawodowo.

Transformacji w zakresie metod wytwarzania energii i jej dystrybucji towarzyszyć będzie ewolucja diagnostyki. Ważniejsze znaczenie niż nowe techniki badania i pomiarów będzie miało nowe podejście do przetwarzania informacji – nie tylko wyników badań – w wiedzę. Zaawansowane technologie analityczne i metody AI sprawią, że wiedzę będą zdobywać w większym stopniu algorytmy niż ludzie. W większym niż dotąd stopniu będzie źródłem strategii eksploatacji i utrzymania technicznego.

Supporting Maintenance of Thermo-Mechanical Power Equipment”. 3rd ETC Generation and Technology Workshop „Life Time Management of Pressurized Equipment”, Dublin 2007.

- [9] Trzecznyński J., Stanek R., Szyja R., Staszalek K. 2015. „Cyclic operation of modernized power units of 200 MW and 360 MW”. ETD Conference – Flexible Operation & Preservation of Power Plants. London, 23 – 24 November 2015.
- [10] Trzecznyński J., Stanek R., Rajca S., Staszalek K., Sobczyszyn A. 2017. “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.
- [11] Trzecznyński J., Murzynowski W., Stanek R., Merdalski W. 2020. „Zdalna diagnostyka – niewykorzystana szansa na niskonakładowe zapewnienie bezpieczeństwa”. *Biuletyn Pro Novum* 1/2020 [w]: *Energetyka* 6.
- [12] Stanek R., Trzecznyński J., Dąbrowski M. 2017. „Diagnostyka jednego typu urządzeń w skali KSE z wykorzystaniem portalu internetowego integrującego informacje eksploatacyjne”. *Biuletyn Pro Novum* 2/2017 [w]: *Energetyka* 12.
- [13] Flexibility Toolbox. Compilation of Measures for the Flexible Operation of Coal-Fired Power Plants. GB PowerTech. VGB-B-033.
- [14] Trzecznyński J., Trzecznyńska E. 2019. “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.
- [15] Trzecznyński J., Trzecznyńska E. 2020. “Diagnostic as a source of knowledge and strategy for units of coal flexible fired power plants”. *VGB PowerTech* 9.
- [16] Trzecznyński J. 2020. „Blok klasy 200 MW dziś i jutro”. *Biuletyn Pro Novum* 1/2020 [w]: *Energetyka* 6.
- [17] Trzecznyński J. 2020. „Diagnostyka źródłem wiedzy i strategii eksploatacji”. *Biuletyn Pro Novum* 2/2020 [w]: *Energetyka* 12.
- [18] Projekt BLOKI 2025+ Założenia do strategii kontynuowania eksploatacji bloków klasy 200MW. W trakcie opracowania oraz konsultacji.

### LITERATURA

- [1] Trzecznyński J. 2012. „System diagnostyczny zapewniający bezpieczną pracę bloków 200 MW po przekroczeniu 300 tys. godz. eksploatacji”. *Dozór Techniczny* 2.
- [2] Trzecznyński J., Murzynowski W., Białek S. 2011. „Monitorowanie stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków energetycznych przy wykorzystaniu platformy informatycznej LM System PRO+®”. *Dozór Techniczny* 5: 102–106.
- [3] Brunné W. 2007. „Zamocowania rurociągów wysokoprężnych i wysokotemperaturowych po długotrwałej eksploatacji”. *Dozór Techniczny* 2: 29–34.
- [4] Grzeczek E., Trzecznyński J., Rajca S. 2003. „Możliwości wydłużania czasu eksploatacji elementów części przepływowych turbin parowych”. *Energetyka* 12: 831–842.
- [5] Trzecznyński J. 2014. „Eksploatacja urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrorowni po przekroczeniu trwałości projektowej – Rekomendacje i doświadczenia Pro Novum”. *Nowa energia* 1.
- [6] Sprawozdanie Pro Novum 049.3096/2014: „Badania wybranych elementów krytycznych bloków 200 MW po długotrwałej eksploatacji dla określenia możliwości przedłużania ich eksploatacji do 350 000 godzin”. Katowice 2014 (niepublikowane).
- [7] Trzecznyński J. 2009. “Remote Diagnostic Systems for Assessment of Thermo-Mechanical Equipment of Power Plants”. Proceedings of 2nd ECCC Creep Conference, 21 – 23 April 2009, Zurich.
- [8] Trzecznyński J. 2007. “Concept and Present State of Implementation of LM System PRO® – the System Supporting

Archiwalne wydania  
Dozoru Technicznego  
dostępne są na  
[www.sigma-not.pl](http://www.sigma-not.pl)



*Zapraszamy na jubileuszowe:*

# XXV SYMPOZJUM

## DIAGNOSTYKA URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH I INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH

**Bezpieczeństwo  
i dyspozycyjność bloków  
i urządzeń energetycznych  
w okresie transformacji  
polskiej elektroenergetyki (II)**

**4-6 października 2023 r.  
Bystra, Hotel Magnus Resort\*\*\***



Więcej informacji na stronie  
[www.symposium.pronovum.pl](http://www.symposium.pronovum.pl)