

Streszczenie

Analiza możliwości zwiększenia produktywności w przedsiębiorstwie o produkcji ciągłej poprzez zmniejszenie przestojów remontowych

mgr inż. Łukasz Dragun

Produkcja energii elektrycznej oraz ciepłej przez przedsiębiorstwa o produkcji ciągłej odgrywa kluczową rolę w polepszaniu zdrowia oraz podnoszeniu standardu życiowego każdego człowieka. Ponadto wskazana energia elektryczna oraz ciepła jest także niezbędnym elementem wszystkich systemów nowoczesnego świata, ponieważ obserwuje się stały, dynamiczny oraz nieuchronny wzrost zarówno zużycia energii na świecie, jak i poziomu jej produkcji. Tym samym utrzymywanie przez zawodowe elektrownie ciepłego oraz perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na energię elektryczną oraz ciepłą, w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, staje się zadaniem nadrzędnym, gdyż procesy eksploatacyjne zawodowych elektrowni ciepłych mają również decydujący wpływ także i na ekonomikę tychże obiektów. Jest to szczególnie ważne w obecnym okresie, gdy struktura własnościowa obiektów wytwórczych ulega przekształceniom oraz w obliczu rozwijającego się dynamicznie hurtowego rynku energii. Tym samym występowanie ewentualnych awarii/wad urządzeń wytwórczych powoduje nie tylko pojawienie się nieplanowanych kosztów naprawy, ale generuje również koszty wynikające z braku produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Tak więc zawodowe elektrownie ciepłe starają się uzyskiwać i utrzymywać jak najlepsze parametry niezawodnościowe bloków energetycznych, a co jest bezpośrednio związane z jakością prowadzonej gospodarki remontowej eksploatowanych maszyn i urządzeń. Dodatkowo podkreślić należy, iż cykl eksploatacyjny zawodowych elektrowni ciepłych jest procesem długotrwałym, dlatego też nie ma technicznych możliwości prowadzenia odpowiednio częstych badań podstawowych eksploatowanych maszyn i urządzeń, w związku z czym - w praktyce - mogą być one wykonywane raz do roku. Biorąc po uwagę fakt, iż blok energetyczny jest układem o wysokim stopniu złożoności, bardzo trudnym zadaniem jest wykonanie teoretycznego modelu procesów eksploatacyjnych przebiegających na obiekcie, dlatego też dla zwiększenia dokładności takiego modelu przeprowadza się zwykle weryfikację w oparciu o dane rzeczywiste. Wszystko to powoduje, że w praktyce wiele zawodowych elektrowni ciepłych powiela błędy eksploatacyjne, a czego można by było uniknąć dzięki przeprowadzeniu niezbędnych badań naukowych w tym zakresie.

Tak więc istniejący stan w badaniach procesu zdadności w przełożeniu na efektywność wykorzystania eksploatowanych maszyn i urządzeń oraz w nawiązaniu do produktywności procesu produkcyjnego stanowiło dla autora pracy inspirację do przeprowadzenia badań we wskazanych zakresach badawczych.

Głównym celem pracy było uzyskanie poprawy efektywności wykorzystania wybranych maszyn i urządzeń eksploatowanych w zawodowych elektrowniach ciepłych, a co w efekcie przedłożyło się na zwiększenie produktywności całego procesu produkcyjnego oraz zmniejszenie przestojów remontowych maszyn technologicznych. Tym samym praca ukazuje problematykę ujęcia w sposób interdyscyplinarne - bo całościowy - zagadnień związanych z opracowaniem analizy możliwości zwiększenia produktywności produkcji ciągłej energii elektrycznej i ciepłej poprzez jednoczesne zastosowanie i powiązanie ze sobą narzędzi zarządzania jakością w procesach produkcyjnych (ang. *Failure Mode and Effects Analysis*, tj. FMEA) z metodą utrzymania ruchu maszyn i urządzeń eksploatowanych w przedsiębiorstwach energetycznych (ang. *Total Productive Maintenance*, tj. TPM), a pozwalających w konsekwencji wypracować jednolite podejście w utrzymaniu ruchu obiektów technicznych przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego wskaźnika efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie produkcyjnym, a co w sposób bezpośredni przedkłada się na produktywność całego procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa (tj. uzyskiwane

wyniki ekonomiczne). Podkreślić przy tym należy, iż wskazane działania są złożone i trudne, a wpływają na nie negatywnie przede wszystkim występujące awarie/wady w procesie utrzymania ruchu określonych maszyn i urządzeń eksploatowanych w przedsiębiorstwie produkcyjnym, ponieważ konsekwencją wystąpienia wspomnianej awarii/wady są procesy remontowe określonego obiektu technicznego, a które to procesy remontowe wpływają z kolei w znaczny sposób nie tylko na efektywność wykorzystania wspomnianych obiektów technicznych, ale przede wszystkim na produktywność procesu produkcyjnego całego przedsiębiorstwa i uzyskiwane wyniki ekonomiczne.

Aby zrealizować cel pracy należało uzyskać odpowiedzi na postawione problemy badawcze, tj. jak należy zapełniać węglem kamiennym komorę główną młyna węglowego pierścieniowo-kulowego typu EM 70 podczas rozruchu maszyny tak, aby uzyskać jednocześnie jak najlepsze parametry mechaniczne oraz nie dopuścić do uszkodzenia maszyny podczas jej rozruchu? Ponadto wskazane pytanie należało uzupełnić jeszcze dodatkowo o jedną zależność, tj. w jakim czasie należy zasypywać komorę główną młyna węglowego pierścieniowo-kulowego typu EM 70 tak, aby uzyskać jak najlepszą efektywność spalanej mieszanki pyłowo-powietrznej w kotle parowym?

Ponadto, aby zrealizować powyższy cel pracy należało również opracować cele pomocnicze, których zrealizowanie umożliwiło autorowi przedstawienie uzyskanych wyników badań naukowych w pięciu rozdziałach pracy doktorskiej.

I tak w rozdziale pierwszym przedstawiono zarówno podstawy teoretyczne jak i praktyczne dotyczącej problematyki gospodarki remontowej w zawodowych elektrowniach ciepłych poprzez ukazanie podstaw funkcjonowania tej gospodarki remontowej, jej organizacji, systemów utrzymania ruchów obiektów technicznych oraz inżynierii utrzymania obiektów technicznych. Ponadto rozdział pierwszy został wzbogacony także o przedstawienie siatki pojęciowej oraz zakresów terminów używanych w gospodarce remontowej, a także określenie zakresów terminologicznych poszczególnych definicji stanowiących m.in. temat pracy doktorskiej, a które to definicje posłużyły, w dalszych rozdziałach pracy, do precyzyjnego opisu badanych zjawisk z punktu widzenia danej dziedziny nauki, tj. inżynierii produkcji.

W rozdziale drugim przedstawiono możliwość wykorzystania metody FMEA (jako przykładu metody zarządzania jakością) w procesie utrzymania ruchu wybranych maszyn i urządzeń eksploatowanych w zawodowej elektrowni ciepłej. Tak więc celem rozdziału drugiego było przedstawienie potencjalnych korzyści wynikających z wdrożenia/implementacji metody FMEA do złożonego procesu utrzymania ruchu maszyn i urządzeń eksploatowanych w przedsiębiorstwie o produkcji ciągłej poprzez stabelaryzowanie potencjalnych przyczyn oraz skutków występujących awarii/wad dla wybranych obiektów technicznych, tj. młynów węglowych pierścieniowo-kulowych typu EM 70 oraz wentylatorów powietrza świeżego WPW (dokonanych na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych przedsiębiorstwa o produkcji ciągłej). Powyższe umożliwiło opracowanie indywidualnego podejścia do utrzymania ruchu ww. maszyn i urządzeń w jak najlepszej zdolności do wykonywanej przez nich pracy, zarówno przed jak i już po wystąpieniu potencjalnej awarii/wady wpływającej w sposób bezpośredni na produktywność całego procesu produkcyjnego energii ciepłej i elektrycznej.

W rozdziale trzecim przedstawiono procesy remontowe młynów węglowych oraz wentylatorów eksploatowanych w zawodowej elektrowni ciepłej, tj. dokumentację remontową i poremontową, planowanie zakresu prac remontowych oraz *stricte* już same zakresy prac remontowych przeprowadzanych dla młynów węglowych pierścieniowo-kulowych typu EM 70 oraz wentylatorów powietrza, wentylatorów spalin oraz wentylatorów młynowych. Tym samym celem rozdziału trzeciego było zaprezentowanie istoty problematyki dot. procesów remontowych realizowanych przez pionierzy remontowe funkcjonujące w zawodowej elektrowni ciepłej.

W rozdziale czwartym przedstawiono zidentyfikowane już przypadki eksploatacyjne wystąpienia awarii/wady w procesie utrzymania ruchu wybranych maszyn i urządzeń eksploatowanych w zawodowej elektrowni ciepłej. Tym samym celem rozdziału czwartego było zaprezentowanie/ukazanie sytuacji krytycznej wystąpienia awarii/wady spowodowanej zmiennym obciążeniem technologicznym młyna węglowego pierścieniowo-kulowego typu EM 70 na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych zawodowej elektrowni ciepłej. Dopiero zaprezentowanie ww. sytuacji

krytycznej wystąpienia awarii/wady młyna węglowego pierścieniowo-kulowego typu EM 70 dało podstawę do zaprojektowania przez autora modelowania komputerowego zjawisk dynamicznych w młynach węglowych pierścieniowo-kulowych typu EM 70 eksploatowanych w przedsiębiorstwie produkcyjnym poprzez zaprojektowanie modelu rozruchu ww. młyna z uwzględnieniem elektromagnetycznych zjawisk charakterystyk silnika oraz etapowego zadawania obciążenia. Powyższe z kolei dało podstawy dla autora do ukazania równań ruchu elementów napędu i mechanizmu wykonawczego ww. młyna oraz równań procesów elektromagnetycznych w silniku asynchronicznym. Kwintesencją powyższych badań naukowych było przedstawienie wyników analiz procesu rozruchu układu elektromechanicznego młyna węglowego pierścieniowo-kulowego typu EM 70. Ponadto autor zaprezentował również sytuację krytyczną wystąpienia awarii/wady spowodowanej zużyciem panewek łożysk ślizgowych eksploatowanych w wentylatorach oraz generatorach na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych przedsiębiorstwa produkcyjnego.

W rozdziale piątym przedstawiono Overall Equipment Effectiveness (OEE) jako wskaźnik umożliwiający badanie efektywności maszyn i urządzeń w nawiązaniu do produktywności całego procesu produkcyjnego, bo przecież celem wdrożenia metody Totalnego Produktywnego Utrzymania Maszyn (*ang. Total Productivity Maintenance – TPM*) i Całkowitej Efektywności Wykorzystania (OEE) jest zwiększenie efektywności eksploatowanych maszyn i urządzeń tak, aby każda maszyna stale wykorzystywała swój pełen potencjał, przekładający się w sposób bezpośredni nie tylko na efektywność wskazanych maszyn i urządzeń, ale przede wszystkim na produktywność całego procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa.

Na końcu pracy przedstawiono źródła literaturowe oraz załączniki wykorzystane do jej opracowania.

Abstract

Analysis of opportunities to increase productivity in a continuous production company by maintenance shutdowns reduction

Lukasz Dragun, M. Eng

Electricity and heat production by companies with continuous production plays a key role in enhancing health and raising every man's living standard. Furthermore, the aforementioned electrical and thermal energy is also an indispensable element of all systems of the modern world, because there has been a continuous, dynamic and inevitable increase of both energy consumption in the world and level of its production. Thereby maintaining current and prospective supply for electricity and heat, in a technically and economically justified manner, becomes an overriding priority, since operational processes of professional thermal power plants have also a decisive influence on the economics of the facilities. It is especially important in the present time when the ownership structure of manufacturing facilities is being transformed as well as in the face of dynamically developing wholesale energy market. An occurrence of possible breakdowns or faults of production facilities causes not only unplanned repair costs but also generates costs resulting from the lack of energy production. Thus professional thermal power plants seek to achieve and sustain the best possible reliability parameters of power units, which is directly related to the quality of maintenance strategy for the machines and equipment in operation.

Furthermore, it should be highlighted that an operating cycle of a professional thermal heat plant is a long-lasting process, so there is no technical possibility to conduct properly frequent tests of basic machinery and equipment in use, thus in practice, they can be performed once per year. Taking into account that a power unit is a highly complex system, it is very hard to render a theoretical model of exploitation processes running on the object. Usually, verifications based on actual data are conducted to enhance the accuracy of such models. All this means that in practice many professional thermal heat plants duplicate operational errors, which could be avoided by performing necessary scientific research in this field.

The current state of research on process suitability, in terms of operating efficiency of machinery and equipment and in relation to productivity of production process inspired the author to carry out a research in the indicated research areas.

The main aim of the paper was to achieve improvement of operating efficiency of selected machines and equipment used in professional thermal power plants, which resulted in increased productivity of the whole production process and reduction of maintenance shutdowns of technological machines. The dissertation presents problems of the interdisciplinary approach towards issues related to development of an analysis of opportunities to increase productivity of continuous energy production through simultaneous application and interconnection of a production processes quality management tool (*Failure Mode and Effects Analysis*, FMEA) with a maintenance strategy for machinery in energy companies (*Total Productive Maintenance*, TPM). That, as a consequence, enabled developing a uniform approach to technical facilities maintenance while maintaining a high operational efficiency index of machines and equipment in a manufacturing company, which is directly attributable to productivity of an entire production process of an enterprise (i.e. economic results achieved).

It should be emphasized that the indicated actions are complex and difficult and are mainly influenced in a negative way by breakdowns and faults occurring in the maintenance process. The results of the breakdowns are repair processes of particular technical facilities. The repair processes affect not only operational efficiency of these technical facilities but also productivity of the whole production process and the economic results accomplished.

In order to achieve the objective of the work, one should answer the research problems, i.e., how to fill the main chamber of the EM-70 ring-ball mill during start-up to achieve the best mechanical performance and prevent damage to the machine at the same time. Moreover, the question was to be complemented with one additional correlation, i.e., how long should the filling of the chamber last to achieve the best efficiency of dust-air mixture combustion in a steam boiler.

Besides, in order to realize the stated aim of the work, one should also develop auxiliary objectives. Fulfilling those objectives allowed the author to present the results of scientific research in five chapters of his dissertation.

The first chapter presents both theoretical and practical backgrounds of the problem of maintenance in professional thermal power plants by showing the fundamentals of this repair economy, its organization, system, and engineering of technical objects maintenance. In addition, the chapter was also enriched with a presentation of a conceptual grid and ranges of terms used in the repair economy, as well as a description of terminological scopes of particular definitions comprising the dissertation topic. The definitions were used in further chapters of the work to precisely describe the phenomena studied from the point of view of a particular field of science, i.e. production engineering.

The second chapter discusses a possibility of using the FMEA method (as an example of a quality management approach) in maintenance processes of selected machines and equipment used in a professional power plant. Thus, the purpose of chapter two was to present potential benefits of the FMEA method implementation to the complex maintenance of the machinery and equipment used in the company with continuous production by tabulation of potential causes and consequences of failures for selected technical objects, i.e. EM-70 ring-ball mills and WPW fresh air fans (based on operational experience of a company with continuous production). This enabled development of an individual approach to maintaining the machinery and equipment in the best possible capability for the work they do, both before and after the occurrence of potential failures or defects directly affecting the productivity of the entire heat and electricity production process.

In the third chapter the repair processes of coal mills and fans used in the professional thermal power plant were presented, i.e. repair documentation, planning of repair works as well as strictly the scope of repair work carried out for EM-70 ring-ball mills and air fans, exhaust fans and mill fans. The purpose of this chapter was therefore to show the essence of the problems related to repair processes carried out by repair divisions operating in a professional thermal power plant.

Chapter four shows some identified cases of breakdowns or failures in the maintenance process of the selected machines and equipment used in the professional power plant. This chapter was intended to show the critical situation of a failure caused by varying technological load of the EM 70 ring-ball mill based on the operational experience of the thermal power plant. This gave rise to the author's modelling of dynamic phenomena in EM-70 ring-ball mill grinders used in the manufacturing company by designing a start-up model of the mentioned mill including electromagnetic characteristics of its motor and step-by-step load assignment. This, in turn, gave the author the basis for devising equations of motion of the drive elements and the mechanism of the mill along with equations of the electromagnetic processes in the asynchronous motor. The essence of the above research was to present the results of analysis of electromechanical start-up of the EM 70 ring-ball mill. In addition, the author also presented a critical situation of a failure caused by wear of sliding bearing bushes used in fans and generators, based on an experience of the production company.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) described in chapter five is used as a gauge to test efficiency of machinery and equipment in relation to productivity of the entire production process. Hereafter, the purpose of implementing the Total Productivity Maintenance (TPM) and Overall Equipment Effectiveness (OEE) approach is to increase efficiency of machinery and equipment so that each machine continually exploits its full potential, resulting directly not only in efficiency of the indicated machinery and equipment but primarily in productivity of the entire production process of a company.

At the end of the paper, sources of literature and annexes used for its elaboration are presented.