

**JACEK KARCZEWSKI  
PAWEŁ SZUMAN**

*Monografia:*

## **ELEKTROHYDRAULICZNA REGULACJA MOCY TURBOZESPOŁÓW BIORĄCYCH UDZIAŁ W REGULACJI SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO.**

**(Streszczenie)**

Monografia dotyczy spraw związanych z elektrohydrauliczną regulacją mocy turbin, biorących udział w regulacji Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE). Obejmuje zagadnienia i dociekania naukowe prowadzone od początku lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku w Oddziale Techniki Ciepłej „ITC” w Łodzi Instytutu Energetyki (do 2008 roku w Instytucie Techniki Ciepłej w Łodzi). Autorzy mieli okazję uczestniczyć w tych pracach przez ostatnie czterdzieści lat. Przedstawione zagadnienia dotyczą głównie badań własnych, choć dla kompletności wyводу przedstawiono również wiadomości ogólne i podstawy teoretyczne. Monografia obejmuje m.in. następujące zagadnienia:

- Praca bloków energetycznych w regulacji systemu elektroenergetycznego (regulacja pierwotna, wtórna i trójna)
- Rodzaje układów regulacji mocy i ciśnienia pary świeżej bloku energetycznego
- Elementy układów regulacji (np. zawory regulacyjne, przetworniki elektrohydrauliczne)
- Wybrane przykłady rozwiązań regulatorów (ze szczególnym uwzględnieniem regulatorów MREH konstrukcji OTC IEn)
- Modele bloków energetycznych do testowania układów regulacji
- Badania symulacyjne pracy wybranych struktur układów regulacji mocy i ciśnienia pary świeżej
- Badania obiektowe bloków energetycznych biorących udział w regulacji systemu elektroenergetycznego

Monografia składa się z dziesięciu rozdziałów, w których w sposób uporządkowany, omówiono zagadnienia dotyczące różnych aspektów elektrohydraulicznej regulacji mocy turbin, biorących udział w regulacji dużego systemu elektroenergetycznego.

W rozdziale 1 monografii przedstawiono teoretyczne zasady pracy systemu elektroenergetycznego. Omówiono charakterystyki: wytwarzania i odbiorów oraz zachowanie się systemu w przypadku zaburzenia jego równowagi. Uzasadniono ideę stosowania regulatorów prędkości obrotowej oraz wyjaśniono pojęcie statyzmu, tak w odniesieniu do całego systemu elektroenergetycznego jak i do pojedynczego turbozespołu.

W rozdziale 2 monografii zaprezentowano wymagania jakościowe dotyczące pracy turbozespołu w regulacji systemu elektroenergetycznego. Dotyczą one warunków statycznych i dynamicznych. Wymagania te zawarte są w opracowywanej przez PSE SA „Instrukcji eksploatacji systemu elektroenergetycznego”. W monografii przedstawiono wymagania dotyczące bezpośrednio regulacji pierwotnej, wtórnej i trójnej (wraz z regulacją interwencyjną). W rozdziale zwrócono również uwagę na hierarchiczność sterowania systemem. Omówiono wdrażany obecnie system LFC.

W rozdziale 3 monografii omówiono wybrane przykłady regulacji pierwotnej i wtórnej. Zaprezentowano przebiegi odpowiedzi mocy bloku energetycznego na zakłócenie wywołane regulacją pierwotną i wtórną w przypadku symulowanych zmian częstotliwości oraz w sytuacji

rzeczywistych badań systemowych (wyłączenie w systemie bloku energetycznego dużej mocy lub załączenie dużego obciążenia)

W rozdziale 4 monografii przedstawiono – głównie na podstawie danych PSE – charakterystykę pracy polskiego systemu elektroenergetycznego. Omówiono zdolności regulacyjne systemu a także zaprezentowano skutki częstego odstawiania bloków oraz ich „regulacyjnych” zmian mocy. Podano prognozę pracy turbozespołów w regulacji systemu elektroenergetycznego w Polsce do roku 2030.

W rozdziale 5 monografii przedstawiono i omówiono trzy podstawowe układy obciążenia bloku energetycznego:

- Układ regulacji z poślizgowym ciśnieniem pary
- Układ regulacji z wiodącym kotłem
- Układ regulacji z wiodącą turbiną

Zaprezentowano współdziałanie obwodów regulacji: mocy i ciśnienia pary świeżej z kotła w każdym z tych układów. Zasadę pracy poszczególnych układów oraz ich wady i zalety omówiono na podstawie badań symulacyjnych.

Rozdział 6 monografii omawia strukturę, budowę i zasadę działania elektrohydraulicznego regulatora mocy (rozważania dotyczą głównie mikroprocesorowego regulatora elektrohydraulicznego mocy MREH konstrukcji OTC IEn, ale zasadę pracy można uogólnić na wszystkie regulatory tego typu). Podano podstawowe funkcje regulatora MREH oraz omówiono szczegółowo jego części składowe:

- Ogranicznik Szybkości Obciążania (OSO)
- Układ kształtowania własności statycznych i dynamicznych regulacji pierwotnej
- Układ przejmowania sygnałów regulacji wtórnej
- Parowy Ogranicznik Mocy (POM)
- Próżniowy Ogranicznik Mocy (PrOM)
- Układ do przejmowania sygnałów mocy interwencyjnej
- Przekazywanie informacji o pracy bloku do systemu monitorowania.

W rozdziale 7 monografii omówiono budowę modeli bloków energetycznych oraz zaprezentowano wyniki badań symulacyjnych (z użyciem programu SCILAB), wykorzystujących te modele. Badania dotyczą wybranych elementów regulatora (np. OSO), wyizolowanych modeli turbiny i kotła, struktur UAR mocy i ciśnienia pary z kotła (omówionych w rozdz.5) oraz symulację testów regulatora w celu np. doboru jego parametrów. Badania przeprowadzono w szerokim zakresie (np. dla różnych nastaw regulatorów) i dla różnych przebiegów zakłócających. Badania są przydatne podczas syntezy regulatorów elektrohydraulicznych oraz optymalizacji ich pracy w rzeczywistych warunkach.

W rozdziale 8 monografii omówiono zagadnienie przetwarzania elektrycznego sygnału wyjściowego regulatora centralnego w wykonawczy sygnał hydrauliczny, który z kolei włączony jest w obwód sterowania hydraulicznych organów wykonawczych. Przedstawiono budowę przetwornika elektrohydraulicznego, w którym zastosowano hydrauliczny rozdzielacz proporcjonalny oraz omówiono zasadę pracy serwomotorów zaworów regulacyjnych. Zaprezentowano wyniki badań symulacyjnych i rzeczywistych zespołu: przetwornik EHR-serwomotor-zawór parowy (poszczególnych jego elementów oraz potraktowanego jako całość)

W rozdziale 9 monografii omówiono wybrane zagadnienia mające wpływ na poprawną pracę bloku energetycznego biorącego udział w regulacji systemu elektroenergetycznego oraz umożliwiające sprawdzanie i testowanie wybranych UAR. Do zagadnień tych należą:

- Koordynacja pracy UAR: mocy i ciśnienia pary świeżej bloku energetycznego.
- Przeprowadzanie testów sprawdzających pracę UAR
- Rozruch turbozespołu z wykorzystaniem regulatora elektrohydraulicznego.

W rozdziale 10 monografii zaprezentowano wyniki badań obiektowych turbozespołów, biorących udział w regulacji systemu elektroenergetycznego. Badania te ilustrują zagadnienia omówione w poprzednich rozdziałach. Pozwalają ocenić pracę bloku i jego przydatność do regulacji

KSE. Badania przeprowadzone zostały na bloku 120MW a ich wyniki odniesione do, przedstawionych w rozdz.2, wymagań dotyczących pracy turbozespołów, świadczących usługi systemowe.

Na zakończenie monografii dokonano obszernego podsumowania, w którym przedstawiono 10 uogólnionych wniosków dotyczących omawianych zagadnień.

Monografia liczy 198 strony, zawiera 171 rysunków (w większości wykresy z zarejestrowanych badań własnych) i fotografii. Cytowana literatura, to 52 pozycje. Na zakończenie zamieszczono dwa aneksy, poświęcone: twórcom polskiej szkoły regulacji elektrohydraulicznej doc. dr inż. Stanisławowi Gduli oraz Oddziałowi Techniki Ciepłej „ITC” w Łodzi Instytutu Energetyki.

Adresatami monografii „Elektrohydrauliczna regulacja mocy turbozespołów biorących udział w regulacji systemu elektroenergetycznego” mogą być zarówno naukowcy zajmujący się badaniami z omawianej dziedziny, studenci wydziałów energetycznych ale również projektanci UAR oraz służby eksploatacyjne elektrowni. Dzięki upowszechnieniu wiedzy Instytutu Energetyki, który jest wiodącym ośrodkiem z dziedziny badań energetycznych, monografia powinna więc stanowić cenne źródło informacji dla osób zajmujących się automatyzacją procesów cieplnych w elektrowniach.