

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o. o. bierze czynny udział w obronie i odbudowie Krajowego Systemu Elektroenergetycznego już od 70 lat. Wykorzystuje bogate doświadczenia eksploatacyjne oferując szereg rozwiązań dla prawidłowej pracy jednostek wytwórczych, zwiększając bezpieczeństwo personelu i zdolność do ciągłej produkcji bloku energetycznego.

### Układy Automatycznej Regulacji

Układy Automatycznej Regulacji (UAR) produkcji Instytutu zapewniają minimalizację odchyłki procesu regulowanego od jego wartości zadanej zgodnie z wytycznymi podanymi przez użytkownika. Osiąga się to poprzez zastosowanie szeregu regulatorów, w tym komputacyjnie efektywnych regulatorów PID oraz metod wykorzystujących matematyczne modele obiektu. Dzięki ciągłej obserwacji stanów obiektu uzyskuje się w praktyce szybsze odpowiedzi na zmiany uchybu i wprowadzenie działań korekcyjnych w chwili wykrycia zakłócenia w pomiarze wartości regulowanej. Zastosowanie powyższych metod jest wskazane w szczególności przy występujących przejściowych stanach nieustalonych, zwiększając możliwość obrony układów regulacji do zachowania pracy automatycznej i utrzymania bloku w ruchu.

Instytut wdrożyło szereg kompleksowych rozwiązań dla różnych technologii. Wykorzystywane są one na blokach energetycznych wykorzystujących kotły parowe, wodne lub rusztowe, opalane węglem kamiennym, brunatnym lub mieszaniną biomasy, współpracujące z młynami średniobieżnymi (rolkowo-misowymi i pierścieniowo-kulowymi) lub wentylatorowymi.

Oprócz regulacji fundamentalnych parametrów na obiektach energetycznych (poziomów w zbiornikach, przepływów, stężeń, temperatur, ciśnień itp.), do najczęściej wykorzystywanych UAR należą:

- regulacja mocy czynnej,
- regulacja obciążenia - regulacja obciążenia w trybie podstawowym i szczytowym,
- regulacja przepływu wody przez kocioł,
- regulacja temperatury wody obieg podstawowy/szczytowy,
- regulacja poziomu wody w walczaku,
- regulacja temperatury pary świeżej i wtórnie przegrzanej,
- regulacja przepływu powietrza z nadrzędną regulacją tlenu,
- regulacja temperatury powietrza pierwotnego,
- regulacja podciśnienia w komorze paleniskowej,
- regulacja temperatury spalin.



## UKŁADY AUTOMATYCZNEJ REGULACJI, ROZRUCHU I ZABEZPIECZEŃ CIEPLNYCH BLOKÓW ENERGETYCZNYCH

Do najważniejszych osiągnięć Instytutu w zakresie UAR z punktu widzenia jednostek wytwórczych współpracujących z operatorem elektroenergetycznego systemu przesyłowego Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. (PSE) należy utworzenie rozwiązań Automatycznej Regulacji Częstotliwości i Mocy (ARCM) dla potrzeb systemu elektroenergetycznego oraz zrzutu obciążenia na potrzeby własne i pracy wyspowej.

### Układy automatycznej regulacji mocy czynnej ciepłych bloków energetycznych

Układ automatycznej regulacji mocy czynnej ciepłego bloku energetycznego jest częścią układu regulacji obciążenia pracującego dla potrzeb europejskiego systemu elektroenergetycznego w regulacji pierwotnej, wtórnej i trójnej oraz spełnia wymagania postawione przez Europejską Sieć Operatorów Systemów Przesyłowych Energii Elektrycznej (ENTSO-E) i PSE w zakresie Automatycznej Regulacji Częstotliwości i Mocy.

Układ regulacji mocy jest zrealizowany w strukturze wielowariantowej, swobodnie i bezuderzeniowo przełączalnej, umożliwiającej pracę w trybie z tzw. "wiodącą turbiną" lub z tzw. "wiodącym kotłem". Oddziałuje na strumieniu paliwa podstawowego i pomocniczego poprzez zmiany wartości zadanych regulatorów tych paliw oraz strumień pary doprowadzanej do turbiny przez oddziaływanie na wartości zadane położenia zaworów regulacyjnych turbiny. Podczas pracy automatycznej wykorzystywana jest w sposób

kontrolowany energia cieplna zakumulowana w kotle, zaś w celu uniknięcia destabilizacji procesu regulacji w związku z ograniczonymi możliwościami przemiatłowymi młynów wykorzystuje się sygnały z automatycznych układów ochrony młynów węglowych.

### Zrzut na potrzeby własne oraz praca wyspowa

Jedną z pierwszych koncepcji planu obrony i odbudowy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, po wystąpieniu katastrofalnych zakłóceń w systemie elektroenergetycznym, jest zdolność bloku energetycznego do redukcji generacji mocy do poziomu potrzeb własnych.

Koncepcja tworzenia układu wydzielonego (wyspy) polega na dostosowaniu środków technicznych i organizacyjnych zastosowanych na blokach energetycznych do wymagań, jakie im stawia elastyczny system elektroenergetyczny. Podstawowym wymaganiem jest opanowanie dużych i szybkich zmian obciążenia bloków wywołanych nierównowagą mocy generowanych i mocy pobieranych, którym towarzyszą duże zmiany częstotliwości w sieci.

Powyższe koncepcje realizowane są w pełni automatycznie i są skoordynowane z układami automatycznej regulacji i sterowań bloku podczas wystąpienia stanów zakłóceń przy jednoczesnym utrzymaniu wartości parametrów technologicznych w dopuszczalnych granicach. Zakłada się również możliwość długotrwałej i stabilnej pracy układów regulacji w tych warunkach. Przyjęto zasadę autonomiczności działania automatyki poszczególnych bloków w systemie elastycznym.

### Układy Automatycznego Rozruchu

Nowe algorytmy automatycznego rozruchu tworzone są przede wszystkim po to, by zapewnić bezawaryjność procesu rozruchowego i osiągnąć wymagane parametry technologiczne w skróconym czasie, biorąc pod uwagę wytyczne producentów urządzeń. Ponadto, mają one na celu zmniejszenie nakładu pracy obsługi kotła, na której, wraz z rozwojem i implementacją nowych technologii, spoczywa coraz większy zakres obowiązków. Ułatwienie pracy obsługi, poprzez zastosowanie sekwencyjnego, automatycznego rozruchu kotła, zmniejsza ryzyko popełnienia krytycznych błędów, które mogą przyczynić się do wydłużenia czasu osiągnięcia parametrów ruchowych jednostki wytwórczej.

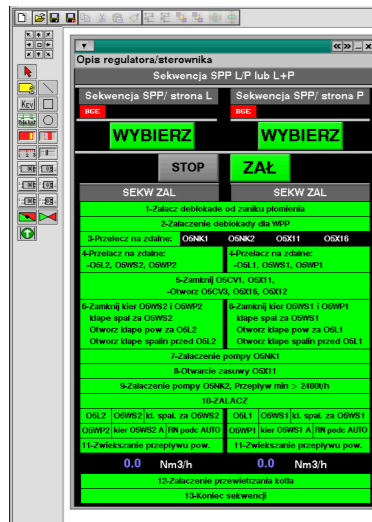
Algorytmy automatycznego rozruchu kotła są bezpośrednio sprzężone z układami automatyki blokowej. Biorą pod uwagę zabezpieczenia kotła i limitujące wartości sygnałów pomiarowych parametrów technologicznych. Dopiero spełnienie warunków technologicznych zezwala na automatyczne wykonywanie kolejnych etapów uruchomienia kotła. Sekwencje rozruchowe nie są więc prowadzone w otwartej pętli sterowania, lecz nieustannie obserwują aktualny stan parametrów kotła i dostosowują się do nich tak, by zapewnić bezpieczną eksploatację elementów technologicznych.

Automatyczny rozruch kotła:

- ogranicza liczbę operacji wykonywanych ręcznie przez obsługę,
- minimalizuje czas trwania rozruchu,
- wykonuje rozruch zgodnie z wytycznymi producentów kotła.

## Układy Zabezpieczeń

Wiele dodatkowych algorytmów zabezpieczających i zwiększających jakość produkcji współpracuje z podstawowymi UAR w sytuacjach awaryjnych. Są to algorytmy układów wspierających pracę bloku, takie jak automatyczne, sekwencyjne rozpalenie palników olejowych, czy algorytmy wykrywające, identyfikujące i ostrzegające o wystąpieniu zagrożenia w bezpiecznej pracy elektrowni, takie jak układy ochrony młynów.



## Układy wsparcia palników olejowych

W przypadku awaryjnego wyłączenia jednego z dwóch pracujących zespołów młynowych pojawia się ryzyko wyłączenia kotła poprzez zadziałanie zabezpieczenia od zaniku płomienia. Aby utrzymać kocioł w ruchu konieczne jest zapalenie odpowiedniej ilości palników olejowych. W celu poprawienia bezpieczeństwa pracy kotła stworzono układy automatycznego, grupowego załączania palników olejowych w kolejności zgodnej z zaprogramowaną sekwencją.

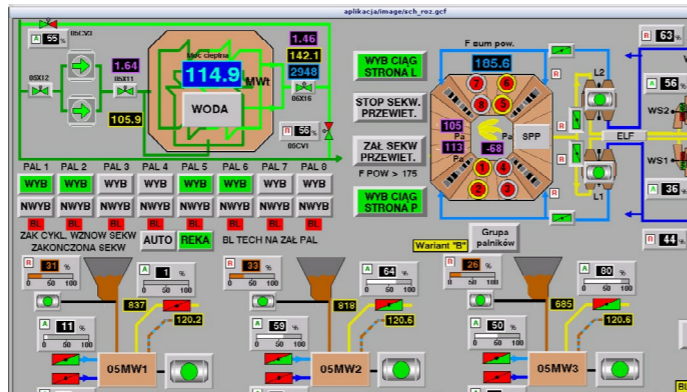
Układ automatycznego załączania palników olejowych ma na celu:

- zwiększenie zdolności kotła do obrony podczas awaryjnego wyłączenia nitki węglowej,
- zapewnienie bezpiecznej pracy kotła na jednym zespole młynowym z podtrzymywaniem płomienia w komorze paleniskowej,
- ograniczenie ryzyka wyłączenia kotła,
- poprawę dyspozycyjności jednostki wytwórczej dla procesów produkcji ciepła i mocy elektrycznej.

## Układy automatycznej ochrony młynów węglowych przed tzw. zakopaniem

Układ przeznaczony jest do młynów średnio-bieżnych (pierścieniowo-kulowych i rolkowo-misowych), w których po przekroczeniu pewnego granicznego obciążenia następuje pogorszenie ich własności dynamicznych, a następnie gwałtowne ograniczenie wydajności.

Gwałtownemu ograniczeniu wydajności młyna towarzyszy proces napełniania młyna węglem, co przy braku korekcyjnego działania na strumień dostarczonego węgla, prowadzi do tzw. zakopywania. Układ ochrony młyna automatycznie koryguje strumień dostarczanego do młyna paliwa, nie dopuszczając do przekroczenia jego granicznego obciążenia. Do zrealizowania tego celu wykorzystuje sygnały proporcjonalnie do temperatury mieszanki pyłowo-powietrznej oraz do mocy silnika młyna przetworzone w odpowiednim algorytmie.



## Układ wykrywania braków węgla w młynie węglowym

W układzie tworzy się różnicę pomiędzy zamodelowaną mocą silnika młyna i rzeczywistą mocą silnika młyna oraz porównuje się ją z zadaną wartością progową, po przekroczeniu której sygnalizuje się sygnałem logicznym wykrycie braku węgla. Jest on rejestrowany i sygnalizowany, a także użytecznie wykorzystywany w celu likwidacji zakłócenia.

Sygnały logiczne o wystąpieniu braku węgla oraz sygnał różnicowy przedstawiający dynamiczny charakter i wielkość tego zakłócenia są wykorzystywane do zmniejszenia niekorzystnego wpływu tego zakłócenia na pracę obwodów regulacji bloku energetycznego, na przykład w układzie regulacji obciążenia i ilości powietrza całkowitego. Informacja ta jest istotna, gdyż zakłócenia w dopływie paliwa do kotła destabilizują pracę większości obwodów regulacji, doprowadzając do powstania nadmiernych, szkodliwych odchyłek parametrów technologicznych od ich wartości

nominalnych. Powoduje to szybsze zużycie urządzeń oraz ich uszkodzenia, przegrzanie młyna węglowego, pogarsza komfort pracy obsługi i stanowi potencjalne zagrożenie życia personelu elektrowni. Celowym jest więc niedopuszczenie do powstawania "zawiśnieć" węgla w zasobnikach przykotelowych lub w rurach zsympowych do młyna, zaś w sytuacji wystąpienia takiego zakłócenia istotne jest uzyskanie informacji o jego wystąpieniu. Układ charakteryzuje się dużą wiarygodnością wytwarzanego sygnału informującego o zakłóceniu w szerokim zakresie zmian obciążenia młyna.

## Układ wykrywania pożarów w młynie węglowym

Układ umożliwiający wykrycie zapłonów w młynach opiera się na porównaniu rzeczywistej temperatury mieszanki pyłowo-powietrznej z zamodelowaną temperaturą mieszanki pyłowo-powietrznej.

W przypadku przekroczenia zadanego progu przez sygnał różnicy rzeczywistej temperatury mieszanki pyłowo-powietrznej i zamodelowanej temperatury mieszanki pyłowo-powietrznej wytworzonej w wyniku zachwiania bilansu cieplnego, na skutek zakłócenia nieuwzględnionego w utworzonym modelu młyna węglowego, tworzy się sygnał logiczny informujący o przegrzaniu zespołu młynowego. Może on być następnie użytecznie wykorzystany w systemie zabezpieczającym młyn przed propagacją zagrożenia, np. przez uruchomienie instalacji gazu obojętnego lub pary wodnej.

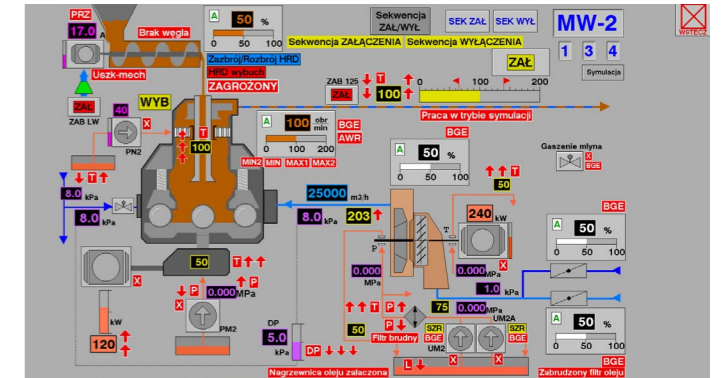
Zastosowanie powyższego układu jest szczególnie skuteczne przy stosowaniu inercyjnych układów pomiarowych temperatury mieszanki pyłowo-powietrznej.

## Układ do wykrywania zakłóceń w swobodnym spływie strumienia paliwa stałego w przykotelowym zasobniku węgla

Zakłócenia swobodnego spływu strumienia paliwa są częstym zjawiskiem występującym w zasobnikach przykotelowych gromadzących węgiel lub mieszaninę węgla i biomasy. Spowodowane są one zlepianiem się mas węgla i biomasy, które tworzą struktury zakłócające pomiar aktualnej zawartości paliwa w zasobniku, prowadząc tym samym do niebezpiecznych zjawisk polegających na niedowęgleniu zespołu młynowego, oraz przedmuchiwaniu gorącego powietrza z młyna, co z kolei może doprowadzić do zapłonu pyłu biomasy w samym zasobniku. Zapłon taki może prowadzić dalej do rozprzestrzenienia się pożaru lub wybuchu po całej drodze nawęglania

powodując liczne zniszczenia, a nawet wypadki śmiertelne wśród personelu elektrowni.

Układ wykrywa, identyfikuje i ostrzega przed wystąpieniem zagrożenia. Pozwala to na szybkie podjęcie działań prewencyjnych, takich jak uzupełnienie zasobnika paliwem, uruchomienie instalacji strzepujących (np. armatki z gazem inertnym), lub podtrzymanie pracy kotła poprzez uruchomienie instalacji palników olejowych.



## Modele cieplnych obiektów energetycznych

Opracowane modele cieplnych obiektów energetycznych opisują ich statyczne i dynamiczne właściwości oraz współpracują z rzeczywistym systemem automatyki blokowej. Modele umożliwiają projektowanie, badanie i testowanie układów automatycznej regulacji procesów energetycznych. Zakres opracowanych modeli dotyczy następujących parametrów energetycznych: ciśnienie pary świeżej i wtórnej, moc czynna bloku, prędkość obrotowa turbozespołu, zawartość tlenu w spalinach, podciśnienie w komorze paleniskowej, poziom wody w walczaku, ciśnienie pary w walczaku, temperatura mieszanki pyłowo-powietrznej, moc silnika młyna. Zastosowanie modeli skraca czas realizacji projektu i ogranicza wszelkie ryzyka związane z pracami na obiekcie rzeczywistym.