

Michał TOMASZEWSKI, Gerhard BARTODZIEJ
POLITECHNIKA OPOLSKA, INSTYTUT ELEKTROWNI I SYSTEMÓW POMIAROWYCH,
ul. Sosnkowskiego 31, 45-272 Opole

Problemy bezpieczeństwa energetycznego i awarii systemu przesyłowego spowodowanych zjawiskami atmosferycznymi

Dr inż. Michał TOMASZEWSKI

Adiunkt na Wydziale Elektrotechniki Automatyki i Informatyki Pol. Opolskiej. Autor i współautor wielu publikacji w czasopiśmie oraz materiałach krajowych i międzynarodowych konferencji. Współautor monografii „Polityka energetyczna i bezpieczeństwo energetyczne” oraz skryptu uczelnianego „Zintegrowane Systemy Zarządzania”. Główne kierunki działalności naukowej to bezpieczeństwo energetyczne, problematyka rozległych awarii systemu elektroenergetycznego, racjonalne używanie energii oraz komputerowe systemy zarządzania.



e-mail: m.tomaszewski@po.opole.pl

Prof. dr hab. inż. Gerhard BARTODZIEJ

Profesor na Wydziale Elektrotechniki Automatyki i Informatyki Pol. Opolskiej. Dorobek naukowy obejmuje książki, podręczniki, publikacje krajowe i zagraniczne. Od ponad 30 lat zajmuje się problemami konstrukcji i technologii urządzeń elektrycznych, w szczególności badaniami w zakresie torów wieloprądowych, połączeń stykowych oraz izolowanych sieci napowietrznych niskiego napięcia. Był m.in. Senatorem RP (1991-1997) i członkiem Zgromadzenia Parlamentarnej Rady Europy (1991-1997).



e-mail: g.bartodziej@po.opole.pl

Streszczenie

W artykule zaprezentowano prace prowadzone w Instytucie Elektrowni i Systemów Pomiarowych Politechniki Opolskiej w zakresie bezpieczeństwa energetycznego oraz awarii powodowanych zjawiskami atmosferycznymi. Przedstawiono dwie opublikowane monografie oraz kierunki dalszych badań.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo energetyczne, awarie systemu elektroenergetycznego, zjawiska atmosferyczne, zarządzanie kryzysowe.

Problems of energy safety and failures of the transmission system caused by weather conditions

Abstract

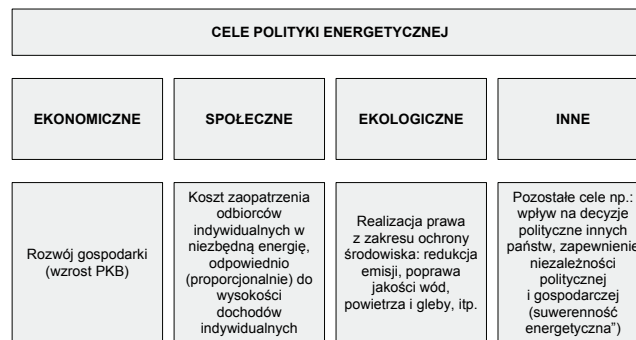
The article presents the work of the Department of Power Plants and Measuring Systems (Opole University of Technology) in energy safety and the failures caused by weather conditions. There are presented two monographs and the main directions of further research are pointed out. Analysis of the experiences of foreign operators transmission grids shows the great importance of the issue of energy safety (economically, socially and politically). Books [1, 2] may form the basis of analysis of energy policy and security of the power system. Monographs indicate the necessity of construction crisis management system in power enterprises. The authors continue works connected with the problems of energy safety with special emphasis on economic aspects. Main directions for further research at the Department of Power Plants and Measuring Systems include two areas: analysis of the impact of weather on power system safety and anti-failure effects [3,4,5], and monitoring of power network investments.

Keywords: power safety, failures of a power system, meteorological phenomena, crisis management.

1. Wprowadzenie

Zespół pracowników Instytutu Elektrowni i Systemów Pomiarowych zajmuje się różnymi aspektami gospodarowania energią od początku swojej działalności. Zagadnienia związane z energią nabrały znaczenia politycznego w skali globalnej. W polityce gospodarczej każdego państwa pojawił się zbiór zamierzeń i działań nazywany polityką energetyczną, którego celem jest zabezpieczenie dostępu do różnych form energii, po możliwie niskich kosztach. Bezpieczeństwo energetyczne stało się głównym celem polityki energetycznej, także współcześnie w Polsce.

Polityka energetyczna każdego państwa musi uwzględniać złożone zależności pomiędzy zużyciem energii, wielkością PKB, standardami ochrony środowiska, stabilnością i pewnością dostępu do energii. Rys. 1 przedstawia główne cele polityki energetycznej państwa.



Rys. 1. Ogólne cele polityki energetycznej [1]

Fig. 1. Overall energy policy objectives [1]

Każde państwo może prowadzić własną suwerenną politykę kształtowania i pokrywania zapotrzebowania na energię, w ramach porozumień międzynarodowych. Wejście Polski do Unii Europejskiej wprowadziło obowiązek prowadzenia polityki energetycznej w ramach Unii Europejskiej, przy uwzględnieniu europejskich regulacji prawnych.

Przy projektowaniu polityki energetycznej konieczne jest uwzględnienie aspektów ekonomicznych, które dotyczą:

- minimalizacji kosztów nośników energii,
- wysokiej sprawności i niskich kosztów transportu i przetworzenia energii,
- racjonalnego użytkowania energii w procesach technologicznych:
 - uzyskiwania wysokiego PKB przypadającego na jednostkę zużywanej energii,
 - niskiego zużycia energii przy wytwarzaniu towarów i usług oraz zapewnieniu komfortu (oświetlenie, ogrzewanie).

Ekonomia decyduje ostatecznie o możliwościach rozwoju wszystkich dziedzin życia. Podwyższanie poziomu bezpieczeństwa energetycznego może powodować wzrost kosztów energii i zmiany efektywności działania gospodarki. Należy zatem rozważyć, czy państwo będzie w stanie ponieść koszty realizacji zakładanej polityki energetycznej.

2. Polityka energetyczna i bezpieczeństwo energetyczne

W ramach prac związanych z bezpieczeństwem energetycznym prowadzonych w Instytucie Elektrowni i Systemów Pomiarowych opracowano książkę pt. „Polityka energetyczna i bezpieczeństwo energetyczne” [1].

Głównym celem książki jest przedstawienie założonych uwarunkowań bezpieczeństwa energetycznego, które wymaga długotrwałych i kosztownych działań wielu podmiotów.

Bezpieczeństwo energetyczne zależy od polityki, gospodarki, techniki i stanu świadomości społeczeństwa. Książka przedstawia zbiór informacji opisujących główne czynniki wpływające na rozwój energetyki i możliwości zaopatrzenia w energię. Książka może być przydatna dla energetyków, pracowników samorządów terytorialnych z poziomu wojewódzkiego i gminnego oraz polityków interesujących się przyszłością energetyki i bezpieczeństwem energetycznym. Książka może służyć również jako materiał pomocniczy dla studentów na kierunkach energetycznych i elektrotechnicznych, a także ekonomicznych w zakresie dotyczącym całej energetyki.

Bezpieczeństwo energetyczne jest realizowane w gospodarce państwa, regionu, sektora w realnych warunkach politycznych i prawnych, w określonej sytuacji na międzynarodowych rynkach.

Opracowanie [1] stanowi próbę pokazania złożonych uwarunkowań bezpieczeństwa energetycznego: technicznych, ekonomicznych, prawnych i innych. Klamrą, która spina wszystkie elementy jest polityka realizowana przez ludzi o określonej wiedzy i świadomości, skierowana do rzeszy wyborców. Dotyczy to również polityki energetycznej.

Polska elektroenergetyka – jako sektor – stoi przed wymuszonym powtórzeniem procesów dostosowania do reguł gospodarki rynkowej, które przechodziły kilkanaście lat temu inne sektory, z różnymi skutkami. W odniesieniu do sieci elektroenergetycznych udało się przez 18 lat opóźnić nieuchronne procesy wprowadzania mechanizmów rynkowych lub zdławić ich funkcjonowanie. W rezultacie w Polsce mamy otwarte możliwości prawne i organizacyjne dla rynkowego obrotu energią elektryczną, lecz zakres działania rynku jest niewielki. Poprzez umowy cywilnoprawne przedłuża się funkcjonowanie starych relacji między dostawcą i odbiorcą energii elektrycznej. Jednocześnie nastąpiło upolitycznienie problemu bezpieczeństwa energetycznego. Politycy i media postawili problem bezpieczeństwa energetycznego w centrum uwagi opinii publicznej obok problemu bezpieczeństwa militarne-go i bezpieczeństwa wewnętrznego (policja i tajne służby).

Sieci elektroenergetyczne stanowiące własność państwa skutecznie zabezpieczają funkcjonowanie naturalnego monopolu technicznego. Budowa rynku wytwórców energii elektrycznej nie łamie tego monopolu.

Nie istnieją mocne przesłanki, dla rozbicia tego monopolu w najbliższych latach. Sam rozdział funkcji („*unbundling*”) wymuszony regulacjami europejskimi nie likwiduje problemu, jeśli wszystkie podmioty należą nadal do tego samego jedyne-go właściciela i podlegają kontroli politycznej. Nowa nomenklatura w polskiej elektroenergetyce jest znacznie silniej umocowana politycznie od starej w PRL-u. Wtedy z reguły dyrektor naczelny był funkcjonariuszem partyjnym, ale już jego zastępca ds. technicznych był autentycznym fachowcem z zakresu elektroenergetyki.

Autorzy nie widzą przesłanek do głębokich zmian w elektroenergetyce w trybie ewolucyjnym. Opór starych struktur monopolistycznych, związków zawodowych i sił politycznych wykorzystujących idee bezpieczeństwa narodowego, zablokuje skutecznie głębsze zmiany, prowadzące do demonopolizacji i prywatyzacji (lub komunalizacji) sieci elektroenergetycznych.

Polska może osiągnąć wysokie bezpieczeństwo energetyczne przy wykorzystaniu mechanizmów rynkowych, takich samych jak te, które zapewniły obfitość żywności i szybki rozwój własnej produkcji. Na początku drogi ku bezpieczeństwu energetycznemu muszą być podjęte decyzje polityczne dotyczące:

- komunalizacji i prywatyzacji,
- stworzenia warunków dla wolnego otwartego rynku energii elektrycznej,
- zakresu działań regulatora państwowego,
- pozostawienia sieci NN i części źródeł pod kontrolą państwa z zapewnieniem adekwatnego dla potrzeb dopływu kapitału z rynków finansowych.

Zbiór decyzji może mieścić się w dwóch realnych, krańcowych scenariuszach: kontynuacji lub równowagi. Scenariusz kontynuacji – „zrobmy to, co robimy dotychczas” – znajduje dość łatwo akceptację polityczną (głosy wyborców), gdyż jest zrozumiały. Scenariusz innowacji – „nowe rozwiązania dla nowych wyzwań w nowych warunkach” – budzi zwykle opór i może wykazać niekompetencję wielu osób zarządzających. Opóźnienie realizacji koniecznych zmian podwyższy koszty bezpośrednie i społeczne kryzysu energetycznego.

Czy polska energetyka zdoła dokonać niezbędnych zmian i uniknąć kryzysu? Autorzy widzą szereg przesłanek przybliżających kryzys polskiego systemu elektroenergetycznego. Dla uzyskania społecznego poparcia dla scenariusza innowacyjnego konieczne jest podjęcie zorganizowanych działań edukacyjnych i informacyjnych. Jest to trudne zadanie. Większość ludzi nie chce być edukowana i informowana, traktując to działanie jako zamach na osobistą wolność, jako próbę manipulacji w złych celach. Nie wystarczy przekonywać energetyków, ekonomistów czy polityków. Wielu polityków zdaje sobie sprawę z istniejących wyzwań i konieczności, także w odniesieniu do energetyki – nie podejmują jednak działań, które narażałyby ich na utratę głosów wyborców.

Pierwsze wydanie książki ukazało się w lipcu 2008 roku. Niewielki nakład i szybkie jego wyczerpanie się spowodowały potrzebę ponownego wydania książki (marzec 2009). Z kolei zmiany zachodzące w otoczeniu energetyki spowodowały konieczność jej aktualizacji. Zakres rozszerzeń i aktualizacji objął zmiany uwzględnione w drugiej wersji projektu dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”, jak również komentarz do rozwijającego się kryzysu finansowego oraz sytuację wynikającą z kryzysu gazowego (Rosja-UE) ze stycznia 2009 roku. Dodatkowo, w zagrożeniach bezpieczeństwa energetycznego, uwzględniono ekstremalne zjawiska atmosferyczne (Big Storm Event). W oparciu o najnowsze publikacje zdefiniowano polityczny wskaźnik bezpieczeństwa energetycznego, który może służyć zarówno do oceny liczbowej bezpieczeństwa energetycznego całego państwa, jak również bezpieczeństwa sektorowego i lokalnego. Uwzględniono problem mocy regulacyjnych niezbędnych dla utrzymania stabilności systemu elektroenergetycznego po przyłączeniu do sieci źródeł wiatrowych. Omówiono działanie docelowego (europejskiego) rynku uprawnień do emisji CO₂. Drugie wydanie książki wskazuje na potrzebę i realność rozwoju rolnictwa energetycznego w Polsce oraz konieczność działania na rzecz rozwoju mechanizmów rynkowych w elektroenergetyce.

3. Problemy rozległych awarii sieci elektroenergetycznych

W ramach dalszych prac nad bezpieczeństwem energetycznym skupiono się nad zagrożeniami wywołanymi ekstremalnymi zjawiskami atmosferycznymi. Narasta znaczenie energii elektrycznej dla wszystkich dziedzin życia, a szczególnie dla bezpieczeństwa publicznego we wszystkich jego wymiarach. Obserwujemy także zmiany w dynamice zjawisk atmosferycznych, zarówno w okresie letnim (częstość występowania burz, huraganów, trąb powietrznych), jak również w okresie zimowym (śnieżyce z osadzającym śniegiem, marznące deszcze, występowanie szadzi) zwiększające obciążenia mechaniczne linii przesyłowych na znacznych obszarach. Obok lokalnych awarii (uszkodzenie jednego lub kilku elementów sieci) można oczekiwać występowania rozległych zniszczeń elementów sieci powodujących brak lub ograniczenie zasilania na znacznych obszarach (dotykające tysięcy osób przez okres przekraczający jedną dobę). Rozległa awaria może powodować kryzys społeczny. W obrębie systemu elektroenergetycznego konieczne jest zatem przygotowanie się do działań przy rozległych awariach w celu ograniczenia ich skutków technicznych i społecznych.

W styczniu 2010 opublikowano pracę zbiorową [2], jako następstwo ekspertyz wykonanych na zlecenie PSE Operator S.A. i Wojewody Zachodniopomorskiego. Ekspertyzy opracowano w związku z rozległą awarią sieciową [3], spowodowaną intensywnymi opadami mokrego śniegu, osadzającego się na przewodach napowietrznych linii energetycznych, której skutki dotknęły w kwietniu 2008 roku Szczecin i okolice. Książka zawiera następujące rozdziały:

- Problemy rozległych awarii systemu elektroenergetycznego typu Big Storm Event (G. Bartodziej, M. Tomaszewski).
- Analiza i wnioski z awarii w aglomeracji szczecińskiej (G. Bartodziej, M. Tomaszewski).
- Działania operatora w aspekcie rozległych awarii na podstawie doświadczeń francuskich i niemieckich (G. Bartodziej, M. Tomaszewski).
- Problemy organizacji zarządzania kryzysowego w aspekcie systemu elektroenergetycznego (G. Bartodziej, M. Tomaszewski).
- Nowe metody obliczania przewodów linii napowietrznych pod względem mechanicznym i cieplnym. Nowe rodzaje przewodów (K. Żmuda, E. Siwy).
- Wybrane zagadnienia eksploatacji i projektowania linii najwyższych napięć (I. Kuczowska).
- Klejący śnieg, szadź, marznący deszcz na liniach elektroenergetycznych. Modelowanie – Symulacja – Obserwacja Zastosowania do Prognozy i do Zapobiegania (P. Admirat, B. Dalle, J.L. Lapeyre).

Opracowanie ukierunkowano na praktyczne rozwiązania, które są potrzebne w bardzo rzadkich sytuacjach, do których operatorzy w polskiej elektroenergetyce nie są obecnie wystarczająco dobrze przygotowani. Zaakcentowano potrzebę rozszerzenia kontekstu, w którym powinny być rozpatrywane rozległe awarie sieciowe, na cały obszar zarządzania kryzysowego, w którym uczestniczą, poza operatorami, przede wszystkim województwa i gminy. Dodatkowo przedstawiono długoletnie doświadczenia francuskie w zakresie występowania zjawiska klejącego śniegu, szadzi i marznącego deszczu na liniach elektroenergetycznych [4].

4. Monitorowanie budowy elektroenergetycznych linii przesyłowych

Podniesienie poziomu bezpieczeństwa sieci przesyłowej wymaga modernizacji istniejących linii elektroenergetycznych oraz budowy nowych połączeń. Analizy prowadzone w Instytucie Elektrowni i Systemów Pomiarowych obejmują także problematykę monitoringu inwestycji sieciowych. Budowa linii elektroenergetycznej jest realizowana praktycznie przez wykonawcę na podstawie dokumentacji w formie rysunków technicznych wykorzystywanych na placu budowy. Jednocześnie i równolegle standardem współczesnym jest zapis elektroniczny dokonywany za pomocą technologii CAD (dwuwymiarowy 2D z możliwością zapisu 3D).

Wykorzystanie możliwości pomiarów GPS i technologii laserowych pozwala na zapisywanie struktury zbudowanych linii w sposób kompatybilny z technologiami CAD.

Odbiór zbudowanej linii może być dokonany na podstawie porównania zapisu linii na podstawie dokumentacji technicznej (linia wirtualna) z zapisem zbudowanej linii. Porównanie może być realizowane na określonej platformie integracyjnej w środowisku VR (Virtual Reality). W odniesieniu do klasycznej formy odbioru technicznego linii polegającej na pomiarach geodezyjnych geometrii linii i konstrukcji oraz notatkach z oględzin można poprzez zapis elektroniczny parametrów linii uzyskać:

- wielokrotne skrócenie czasu zbierania informacji o zbudowanej linii (z okresu rzędu tygodni – zależnie od długości linii – do 1 dnia,
- wielokrotne skrócenie czasu zapisu porównania parametrów linii z projektem (z okresu rzędu tygodni do 1 dnia),
- trwałe i łatwe dostępne zapis rzeczywistej struktury geometrycznej linii (struktury 3D konstrukcji, profili przeseł) w momencie przekazywania do eksploatacji.

Można postawić tezę że zapis parametrów linii w technologii CAD wraz z towarzyszącymi bazami danych jest podstawą racjonalnej eksploatacji. Przeglądy okresowe linii, a w szczególności kontrola odstępów: odległości przewodów od obiektów terenowych, w tym planowane wycinki drzew może być wykonana przy użyciu tych samych narzędzi i technologii informacyjnych, jak odbiór linii. Również poprzez system porównywania zapisów parametrów linii (a szczególnie profili i wizualizację 3D konstrukcji wsporczych) można kontrolować stan linii i planować jej obsługę.

Powyższa technologia umożliwia:

- skrócenie czasu wykonania przeglądów okresowych,
 - redukcję kosztów,
 - możliwość algorytmicznego (samoczynnego) planowania eksploatacji w oparciu o diagnozę stanu linii wynikającą z porównywania kolejnych zapisów.
- Zapis elektroniczny tej dokumentacji wykorzystujący standardy GIS oraz technologie GPS może stanowić podstawowe narzędzie inżyniera kontraktu umożliwiające:
- łatwy i szybki dostęp do wszelkich danych projektowych,
 - łatwe gromadzenie wszelkich informacji dotyczących realizowanej inwestycji,
 - możliwość szybkiego udostępnienia i przetworzenia danych o realizacji inwestycji.

5. Podsumowanie Kierunki dalszych badań

Analiza doświadczeń operatorów zagranicznych sieci przesyłowych wskazuje na wielkie znaczenie problemu bezpieczeństwa energetycznego, zarówno w wymiarze ekonomicznym, jak również społecznym i politycznym. Publikacje książkowe [1, 2] mogą stanowić podstawę analizy polityki energetycznej i bezpieczeństwa systemu elektroenergetycznego. Monografie wskazują na konieczność budowy systemu zarządzania kryzysowego w przedsiębiorstwach elektroenergetycznych.

Autorzy nadal zajmują się problemami bezpieczeństwa elektroenergetycznego ze szczególnym uwzględnieniem aspektów ekonomicznych. Kierunki dalszych badań prowadzonych w Instytucie Elektrowni i Systemów Pomiarowych obejmują dwa obszary:

- analizę wpływu zjawisk atmosferycznych na bezpieczeństwo systemu elektroenergetycznego wraz z przeciwdziałaniem skutkom awarii [5],
- problematykę monitoringu inwestycji sieciowych.

Pozbawienie zasilania w energię elektryczną dużych aglomeracji na okres czasu liczony w dziesiątkach godzin, wskutek zniszczenia sieci na znacznym obszarze wywołuje reakcję opinii publicznej, mediów, a w konsekwencji również administracji i sił politycznych. Powstają pytania co robić aby uniknąć lub zredukować skutki takich zdarzeń przede wszystkim dla odbiorców, a także operatorów sieci przesyłowych i dystrybucyjnych.

Po odbiorze inwestycji skorygowana, realna dokumentacja cyfrowa linii (będąca efektem monitoringu inwestycji sieciowej) może stanowić podstawę baz danych i systemów zarządzania eksploatacją linii elektroenergetycznych. Na przykładzie użycia tej technologii w innych obszarach można wykazać wysoką efektywność ekonomiczną jej stosowania.

6. Literatura

- [1] Bartodziej G., Tomaszewski M.: Polityka energetyczna i bezpieczeństwo energetyczne. Wydawnictwo Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Energetyka i Środowisko, Warszawa, 2010.
- [2] Bartodziej G., Tomaszewski M. (red.): Problemy rozległych awarii sieci elektroenergetycznych. Wyd. Nowa Energia, Racibórz, 2010.
- [3] Bartodziej G., Tomaszewski M.: Blackout w rejonie Szczecina. Uwagi i wnioski. Energetyka nr 10/2008.

- [4] Admirat P., Dalle B., Lapeyre J.L.: Neige collante givre pluie verglacante sur les lignes electriques. EDF R&D, 2006, Paris.
- [5] Tomaszewski M., Bartodziej G.: Prevention of effects of overhead lines failures caused by ice and snow adhesion and accretion. Cold Regions Science and Technology (2010), doi: 10.1016/j.coldregions.2010.08.002

- [6] Bartodziej G., Tomaszewski M.: Dangers to domestic power system safety. XI Międzynarodowa Konf. Nauk. – Techn. Forum Energetyków GRE 2008, ZN Elektryka Pol. Opolskiej, z. 60, nr 323/2008.

otrzymano / received: 25.11.2010
przyjęto do druku / accepted: 03.01.2011

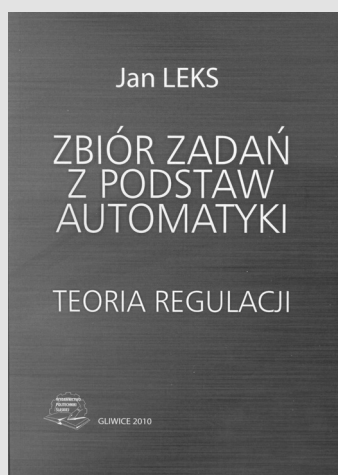
artykuł recenzowany

RECENZJE

Zbiór zadań z podstaw automatyki Teoria regulacji

Jan Leks

Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010,
s. 320, ISBN 978-83-7335-617-7



Książka zawiera 140 zadań z rozwiązaniami i komentarzami, dotyczących podstawowych zagadnień obejmujących treści wykładu z przedmiotu „Podstawy automatyki i sterowania”, w tym podstaw teoretycznych regulacji oraz struktur układów regulacji w stanach dynamicznych prowadzonych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Obszar tematyczny zbioru obejmuje zagadnienia dotyczące opisu własności dynamicznych obiektów regulacji i wybranych

układów regulacji z tymi obiektami za pomocą równań różniczkowych i rachunku operatorowego, wyznaczanie przebiegów odpowiedzi układów regulacji ciągłych i nieciągłych na różnego rodzaju przebiegi sygnałów wejściowych, wyznaczanie transmitancji oraz określanie struktur układów regulacji, wyznaczanie ich podstawowych charakterystyk a także badania stabilno-

ści układów regulacji i oceny ich jakości regulacji. Konstrukcja zbioru jest pomyślana w ten sposób, że tematy zadań oraz ich przykładowe rozwiązania zamieszczono w oddzielnych rozdziałach co ułatwia samodzielne rozwiązywanie zadań oraz ewentualne porównanie ich rozwiązań. W celu ułatwienia procesu rozwiązywania zadań oraz lepszego zrozumienia przykładowych rozwiązań zamieszczono wykaz ważniejszych oznaczeń, tablice najczęściej używanych transformat, podstawowe wzory i definicje oraz podstawy teoretyczne niektórych zagadnień ciągłych i dyskretnych układów regulacji pomocnych przy rozwiązywaniu zadań.

W niektórych zadaniach podano przykłady rozwiązań z uzasadnieniem wyboru sposobu rozwiązania, podano również uogólniające komentarze oraz wykorzystano metodę symulacji komputerowej. Ze względu na zawartość merytoryczną zbioru pozycja ta częściowo ma charakter podręcznika akademickiego i stanowi ciekawą propozycję dydaktyczną dla studentów studiów I stopnia na kierunkach Automatyka i Robotyka, Elektrotechnika, Elektronika i Telekomunikacja oraz Mechatronika. Może być również pomocna w przygotowaniu do zajęć audytoryjnych, laboratoryjnych i projektowych.

Opracowanie: Prof. dr hab. inż. Ryszard ROJEK

INFORMACJE

Wersja elektroniczna miesięcznika PAK Pomiary Automatyka Kontrola – Measurement Automation and Monitoring

Artykuły opublikowane w PAK po roku 1989 są dostępne w wersji elektronicznej m.in. w bazie artykułów PAK (www.pak.info.pl), w folderze „Archiwum numerów miesięcznika PAK”:

- pełne teksty artykułów starszych niż 3 lata oraz streszczenia artykułów najnowszych można pobrać bezpłatnie,
- pełne teksty artykułów najnowszych można otrzymać za opłatą (5 PLN +1,15 PLN VAT).