



prof. dr hab. inż. Zbigniew HANZELKA
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica
Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30
tel.: (12) 617 28 78, fax: (12) 633 22 84, e-mail: hanzel@agh.edu.pl



Kraków, 19 lipca 2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

wykonana na zlecenie dr hab. inż. Pawła Sitka, profesora Politechniki Świętokrzyskiej, Dyrektora Naukowego Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Autor: **mgr inż. Paweł Strząbała**

Tytuł: **Analiza wzajemnych oddziaływań systemu elektroenergetycznego i odbiorników nieliniowych**

1. DANE BIBLIOGRAFICZNE I STRUKTURA ROZPRAWY

Rozprawa napisana w języku polskim zawiera 181 stron. Składa się z siedmiu rozdziałów, bibliografii (102 pozycje) oraz wykazu symboli i indeksów stosowanych w tekście.

Omawiając poszczególne rozdziały zwrócono uwagę na te elementy, które zdaniem recenzenta budzą wątpliwości i mają dyskusyjny charakter. W załączniku do recenzji zawarto listę wybranych uwag szczegółowych.

2. CHARAKTERYSTYKA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

ROZDZIAŁ 1. Wstęp

Przedstawiono podstawowe informacje o systemie elektroenergetycznym, jego elementach składowych i sposobie ich modelowania w badaniach symulacyjnych oraz informacje o jakości dostawy energii elektrycznej głównie w kontekście przyłączania odbiorników nieliniowych. Sformułowana teza pracy jest oczywista. To, że „... analiza modelu obwodu z obciążeniem nieliniowym umożliwi analizę i interpretację zjawisk konwersji mocy ... oraz opracowanie zasad zmniejszenia negatywnych zjawisk oddziaływań systemu i odbiorników nieliniowych” nie budzi wątpliwości, nie wymaga więc dowodu.

W opisie celu pracy (str. 23) Autor wskazuje na potrzebę monitorowania wskaźników jakości zasilania i „opracowanie zasad (?) zmniejszania interakcji systemu zasilania i obciążenia nieliniowego”. Na ten temat powiedziano już tak wiele, szczególnie w kontekście prostego obwodu analizowanego w pracy, że trudno dodać coś oryginalnego do tego stanu wiedzy. Zadanie, które postawił sobie Autor jest więc niełatwe.

Sądzę, że we wstępie do pracy Autor powinien wyjaśnić czytelnikowi, że rozważania będą dotyczyć:

- sieci niskiego napięcia,
- analizowanym odbiornikiem nieliniowym będzie jednofazowy mostek diodowy z dwójnikiem RC po stronie DC,
- diody prostownika będą traktowane w stanie blokowania jako idealne klucze oraz pominięto zjawisko komutacji,
- badania symulacyjne będą prowadzone) w środowisku Matlab-Simulink dla stanu ustalonego (tę informację podano dopiero na stronie 42),
- moc analizowanego odbioru wynosi ... (ile?),
- wartości elementów pasywnych schematu zastępczego, skupionych i liniowych zostały przyjęte w rozważaniach na podstawie (czego?),

- rozważany będzie przedział częstotliwości harmonicznych do ... Hz (?),
- prostownik w zaproponowanej konfiguracji jest dedykowany do następujących praktycznych zastosowań ... (jakich?),
- itp.

Tych informacji brak na początku pracy, część z nich można znaleźć w kolejnych rozdziałach, pozostały brak, a mają one fundamentalne znaczenie.

Jaki jest cel odwoływania się w tym i w kolejnych rozdziałach do normy IEEE 519-2014 (także normy IEEE 1459), dotyczącej całkowicie odmiennych warunków zasilania? Występuje to także w rozdziale piątym w części dotyczącej filtrów pasywnych. Komentarz dotyczy także zbędnych tabel: 1.1 i 1.2. W ich miejsce warto było przywołać stosowne fragmenty polskiego *Rozporządzenia systemowego ...* lub europejskich norm emisyjnych.

Zależności (1.1) i (1.2) definiujące poziom odkształcenia (współczynnik THD) nie są poprawne. Pierwsza część zależności obejmuje harmoniczne do rzędu N (ile on wynosi; dlaczego w sumowaniu pominięto 2. harmoniczną), a druga część obejmuje harmoniczne i interharmoniczne w paśmie częstotliwości ograniczonym przepustowością przetworników pomiarowych. Ten drugi współczynnik amerykańanie określają jako TTHD (od angielskiego słowa *True THD*).

W tym miejscu stawiam Doktorantowi pierwsze pytanie z prośbą o komentarz podczas obrony:

PYTANIE nr 1: Co zdaniem Autora jest Jego oryginalnym wkładem do rozważanego obszaru wiedzy? Jaka wartość poznawcza może wynikać z analizy prostego obwodu elektronicznego jakim jest jednofazowy mostek diodowy obciążony dwójnikiem RC? Wbrew temu co pisze Autor (str. 31), praca prostownika jednofazowego (niesterowanego i sterowanego) jest opisana w prawie wszystkich podręcznikach z dziedziny energoelektroniki i prawie zawsze uwzględniana jest indukcyjność wejściowa w rozdziałach dotyczących komutacji i oddziaływania na sieć zasilającą. Wystarczy spojrzeć na prace profesora Henryka Tuni związanego przez wiele lat z Politechniką Świętokrzyską. To jedno z podstawowych ćwiczeń symulacyjnych wykonywanych przez studentów w ramach laboratorium z modelowania układów energoelektronicznych.

ROZDZIAŁ 2. Analiza wybranych modeli obciążeń nieliniowych

W rozdziale „przeanalizowano wybrane tryby pracy obwodu elektroenergetycznego z odbiornikiem nieliniowym w postaci prostownika.” Są tylko dwa podstawowe tryby pracy – z prądem ciągłym i przerywanym, które Autor zilustrował wynikami prostych symulacji dla obwodów o arbitralnie wybranych parametrach zastępczych. Przywołano kilka prac innych autorów opisując zastosowany przez nich sposób modelowania pracy prostownika bez podania celu prowadzonych rozważań.

ROZDZIAŁ 3. Modelowanie obwodu z prostownikiem mostkowym obciążonym elementami RC

Dlaczego do modelowania użyto metody obwodowej w środowisku MATLAB-Simulink, a nie dostępnym modeli obiektowych dedykowanych do analizy obwodów elektronicznych, np. PSpice? Te same efekty uzyskuje się znacznie szybciej, a modele elementów półprzewodnikowych bardziej precyzyjnie odtwarzają fizykę zjawisk.

Na stronie 45 Autor stwierdza: „W celu wyznaczenia właściwego (?) napięcia obciążenia nieliniowego, w związku z występowaniem nieciągłości prądu zastosowano obserwator napięcia (?) mierzonego na obciążeniu nieliniowym. Uwzględniając tylko te wartości napięcia, które odpowiadają przedziałom czasu przewodzenia prądu przez prostownik.”

PYTANIE nr 2. Proszę o wyjaśnienie tego akapitu. Takie stwierdzenie oznacza, że w przypadku pracy przerywanej napięcie na zaciskach odbiornika będzie przedstawiane w sposób nieprawidłowy, co widać porównując przebiegi na rysunku

3.4 oraz 3.7. W tym drugim przypadku przebieg napięcia nie odpowiada zjawiskom fizycznym w obwodzie.

Zmienną niezależną w rozważaniach nie powinno być napięcie U_a , lecz moc czynna odbierana z prostownika po stronie DC. Poziom napięcia kondensatora jest skutkiem poboru mocy po stronie DC. Wartość tego napięcia nie może być mniejsza niż próg aktywacji zabezpieczeń podnapięciowych powszechnie stosowanych na wyjściu prostownika.

Dlaczego interesuje Autora współczynnik odkształcenia napięcia wejściowego prostownika? Jakie on ma praktyczne znaczenie? W tym punkcie nie są przyłączane inne odbiory, nie jest to PWP.

Ze zdumieniem czytam zdanie nad rysunkiem 3.19 (strona 60). „W celu spełnienia wymagań odnośnie do dopuszczalnych limitów zniekształceń prądów (strasznie pokrętne sformułowanie) ... zgodnie z normą IEEE 519-2014 (co mają standardy amerykańskie do europejskich limitów emisji harmonicznnych?) należałoby tak projektować układy prostownikowe wraz z elementami obwodu zasilania, aby parametr r_L miał możliwie najniższą wartość.” Przecież ten parametr zależy od mocy obciążenia, czyli podstawowej funkcjonalności prostownika, od indukcyjności zastępczej sieci (czyli punktu przyłączenia) i od ewentualnej indukcyjności wejściowej prostownika, która z wielu różnych powodów nie może być nadmiernie duża. Sformułowany postulat – należy projektować zasilacze mocno obciążone - jest niezrozumiały.

PYTANIE nr 3: Na stronie 67, Autor pisze: „W [93] stwierdzono, że w rozliczeniach ekonomicznych powinna być stosowana moc czynna i bierna podstawowej harmonicznej. Takie podejście pozwoliłoby obciążyć ekonomicznie odbiorcę, u którego przyłączony jest odbiornik nieliniowy za zwiększenia mocy biernej obwodu”. itd. Proszę o wyjaśnienie tego akapitu.

Na stronie 68 rozważane są definicje składowych mocy podane za jedną publikacją i jednym autorem bez jakiegokolwiek krytycznej refleksji i odniesienia do innych teorii mocy. Równocześnie Autor wypowiada bezpodstawnie uwagi krytyczne dotyczące innych prac z tej dziedziny. Większość z tego co napisano poniżej zależności (3.33) jest nieprawdziwe. Autorowi NIE WOLNO wypisywać takich stwierdzeń, jeżeli ich samodzielnie nie zbadał.

Przebiegi przedstawionych w tym rozdziale charakterystyk wybranych wskaźników napięć i prądów są oczywiste. Po chwili zastanowienia można sformułować ogólne, jakościowe zasady zmienności analizowanych miar liczbowych. Równocześnie komentarz autorski do tych charakterystyk ogranicza się do opisanie tego co łatwo można zobaczyć na rysunkach, brak jakiegokolwiek próby fizycznej ich interpretacji.

ROZDZIAŁ 4. Badania symulacyjne i weryfikacja modelu obwodu AC z prostownikiem mostkowym o stałym napięciu wyjściowym

Autor prezentuje wyniki badań symulacyjnych w których napięcie na zaciskach odbiornika, także w trybie prądu przerywanego, aproksymowane jest impulsem prostokątnym o stałej amplitudzie. W tym stanie pracy prostownika przebieg napięcia wejściowego jest niezgodny z fizyką obwodu. Także rysunki np. na stronie 81 są dużym przybliżeniem rzeczywistości technicznej. Podczas przerwy bezprądowej następuje rozładowanie kondensatora i wówczas jego napięcie maleje. To powoduje, że w następnym półokresie prądu kondensator jest doładowywany. Przy pewnym poziomie obciążenia prostownika musi więc wystąpić pulsacja napięcia DC. Jego aproksymacja impulsem prostokątnym jest więc dużym uproszczeniem. Po stronie DC nie ma źródła napięcia, tam jest obciążenie!

Na kolejnych stronach przedstawiono charakterystyki wartości skutecznych, podstawowej i wyższych harmonicznnych napięć i prądów na zaciskach wejściowych prostownika, a w komentarzach opisano to co widać na rysunkach – bez jakiegokolwiek refleksji i próby fizycznej interpretacji.

Na wszystkich wykresach, na których porównywane są wyniki pomiarów i symulacji powinny pojawić się miary liczbowy obrazujące ilościowe różnice. Brak wystarczającego wyjaśnienia, jakie jest źródło różnic, czy Autor je akceptuje, jeżeli tak, to w jakich przypadkach i dlaczego są nieistotne.

ROZDZIAŁ 5. Analiza skuteczności pasywnych filtrów wyższych harmonicznych oraz ich wpływu na pracę systemu

W polskich (europejskich) warunkach odkształcenie prądu nie stanowi kryterium doboru filtrów w procedurze wydawania warunków technicznych przyłączenia. Podstawowym kryterium jest poziom odkształcenia napięcia. Być może Autor analizuje filtry wejściowe prostowników małej mocy. Taką informację należy umieścić na początku rozdziału. Czytelnik powinien wiedzieć, czy rozważane będą oferowane na rynku filtry wejściowe niskich częstotliwości dedykowane do układów energoelektronicznych (str. 120, komentarz o istniejących rozwiązaniach producenckich), czy ogólnie filtry pasywne stosowane w układach o zróżnicowanych mocach.

Autor rozpoczyna od analizy prostego filtra RLC przyjmując arbitralnie wartości jego elementów składowych. Swoją decyzję nie stara się uzasadnić wymaganiami praktycznymi, np. rozważa teoretyczną strukturę filtra typu RC, w innej części dostraja obwód dokładnie do filtrowanej harmonicznej. Uzyskane wyniki prezentujące korelację różnych parametrów pozbawione są w wielu przypadkach wartości uogólniającej, dotyczą jedynie rozważanego obwodu.

W kolejnej części rozdziału analizie poddano bardzo rzadko stosowany w systemach elektroenergetycznych filtr szerokopasmowy typu Γ . Taka konfiguracja służy niekiedy do poprawy właściwości filtracyjnych filtrów jednofazowych, ale wówczas wartość indukcyjności włączanej w szereg z impedancją sieci nie osiąga poziomów rozważanych przez Autora. W analizowanym przypadku spadek napięcia na tej indukcyjności sprawia, że napięcie DC obniża się do nieakceptowalnych wartości. Zmniejszenie napięcia na zaciskach odbiornika (str. 140, ostatni akapit) dyskwalifikuje stosowanie rozważanej konfiguracji filtra. Autor postuluje „projektując filtr należy te odchylenia napięcia uwzględnić, aby ograniczyć ich wpływ na pracę przyłączonego obwodu”. Ale jak to zrobić? Zwiększenie wartości C_f spowoduje przekompensowanie obwodu.

Jeżeli pominiemy komutację w elementach półprzewodnikowych głównym elementem biernym wymagającym kompensacji, jest moc bierna dławika wejściowego odbiornika/niesterowanego prostownika. Rozważany jest więc filtr minimalnomocowy – trzeba odfiltrować harmoniczną najniższego rzędu, przy minimalnej mocy biernej filtra dla składowej podstawowej. Oznacza to relatywnie duże napięcie kondensatora filtra. Tego nie sprawdzono w pracy.

Na stronie 120 Autor wypowiada opinię, że „... istnieje mała ilość dostępnej literatury odnośnie do projektowania i analizy filtrów szerokopasmowych wyższych harmonicznych.” Trudno zgodzić się z tym stwierdzeniem. Polecam Autorowi prace (artykuły i monografie) dr hab. inż. Ryszarda Klempki oraz doktorat i publikacje dr Stephana Azebaze. W bibliografii do prac obydwu tych autorów wymieniono liczne pozycje dotyczące projektowania filtrów tłumionych.

Na stronie 122 przedstawiono analizowany układ z nieliniowością typu $U_a \text{sign}(I)$ dla którego na kolejnych stronach zaprezentowano zbiór różnych wykresów. Analizować można wiele, ale zawsze powinna być refleksja dotycząca praktycznych aspektów analizy. W pracy takiej refleksji brak. Brak próby interpretacji fizycznej uzyskanych wyników, a komentarze dotyczą jedynie opisu tego co widać na rysunkach. Przykładowo, dlaczego przyjęto takie a nie inne wartości parametrów obwodu, skąd wynikają przyjęte w analizie małe wartości napięcia U_a itp.

Jedno ze stwierdzeń zawartych w tym rozdziale: „Dlatego też, projektowanie filtrów rezonansowych wymaga precyzji i ostrożności (??), aby zapewnić skuteczne tłumienie wyższych harmonicznych prądu oraz zminimalizować ryzyko tworzenia rezonansów równoległych (??) z systemem zasilania.” prowokuje do zadania kolejnego pytania:

PYTANIE nr 4.: Proszę przedstawić algorytm projektowania jednofazowych filtrów LC dla trójfazowego odbiornika nieliniowego.

ROZDZIAŁ 6. Badania eksperymentalne obwodu z obciążeniem nieliniowym oraz weryfikacja uzyskanych wyników

W rozdziale tym po raz kolejny przyjęto arbitralnie wartości elementów analizowanego układu, podobnie jak zrobiono odwołania do regulacji amerykańskich. Dlaczego? W Europie stosowane są normy, które także określają dopuszczalne harmoniczne prądu, np. norma PN EN 61000-3-2, która jest przywołana przez Autora.

Na rysunkach np. 6.2 i 6.4 przedstawiono wyniki symulacji czy rejestracje oscyloskopowe? Rozdział dotyczy badań eksperymentalnych, więc należy oczekiwać rejestracji rzeczywistych przebiegów czasowych, w tym w szczególności napięcia na zaciskach odbiornika $U_{o(t)}$, którego kształt budzi zasadnicze wątpliwości.

Autor analizuje jednofazowy prostownik o mocy wyjściowej 240 W dla którego dobiera dławiki o indukcyjnościach zbliżających się do 200 mH i pojemnościach kilkunastu μF . Gabaryty tych elementów oraz sprawność zasilacza (poniżej 90%) pozbawiają układ wartości praktycznej.

3. UWAGI KRYTYCZNE (OGÓLNE)

1. Niestaranna edycja pracy, liczne błędy składni i błędy edycji. Błędy pojawiają się już na etapie *Wykazu symboli i indeksów*. Brak precyzji sformułowań oraz stosowanych terminów. Praktycznie można mieć zastrzeżenia do bardzo wielu sformułowań Autora ze względu na ich niejednoznaczność. Szkoda, że Autor nie poświęcił więcej czasu na uważną korektę tekstu.
2. Autor wyprowadza oczywiste równania opisujące analizowany obwód, następnie prezentuje wiele charakterystyk w układzie trójwymiarowym. Znacznie więcej informacji uzyskałby, gdyby przedstawił częstotliwościowe charakterystyki impedancji widzianej z zacisków przekształtnika. Wówczas łatwo można wytłumaczyć wpływ zmienności różnych parametrów na występujące w obwodzie wzmocnienia rezonansowe.

4. ZALETY PRACY

1. Praca jest przykładem zastosowania poprawnej metody badawczej, rozumianej jako zbiór czynności niezbędnych do rozwiązywania problemu technicznego. W tym łańcuchu działań zawarto: (1) przedstawienie problematyki i tematu rozprawy w szerszej perspektywie, (2) prezentację stanu wiedzy, (3) rozważania teoretyczne, (4) badania symulacyjne (dla zróżnicowanych zbiorów danych), badania laboratoryjne oraz (5) podsumowanie i wnioski końcowe.
2. Opracowanie modelu matematyczny obwodu AC z obciążeniem nieliniowym, w którym model nieliniowości opisano funkcją sygnału prądu AC, uwzględniając także wyższe harmoniczne napięcia odbiornika nieliniowego. Zaletą opracowanego modelu obwodu jest wykorzystanie zmiennych bezwymiarowych co nadaje mu cechę pewnej uniwersalności.
3. Wyznaczenie charakterystyk ilościowych modelu obwodu określających zmiany charakterystycznych wielkości tego obwodu pod wpływem parametrów układu zasilania AC i obciążenia DC prostownika.
4. Opracowanie i eksperymentalna weryfikacja metody identyfikacji parametrów zastępczych systemu zasilania. W metodzie wykorzystano prosty obwód elektroniczny składający się z mostka diodowego i równoległego dwójnika RC.
5. Otrzymałem od Doktoranta obszerne odpowiedzi na wszystkie zgłoszone w recenzji uwagi krytyczne i wątpliwości. Szkoda, że niektóre z nich nie zostały zawarte w ocenianej pracy.

5. Ocena ogólna i wniosek końcowy

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Strząbały stanowi opracowanie dotyczące ciekawego i aktualnego zagadnienia naukowo-technicznego i dowodzi zadawalającego opanowania przez Doktoranta dyscyplin naukowych, z którymi jest związana.

Przedłożona rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zmianami), w związku z art. 179 ust. 1 i ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.).

Wnioskuje o przystąpienie do kolejnych przewidzianych w/w Ustawie etapów procedury.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hanna', is centered on the page.

UWAGI SZCZEGÓŁOWE (WYBRANE)

Wykaz symboli i indeksów

1. Co to znaczy „styl czcionki normalny”?
2. W języku polskim indeksy nie piszemy kursywą.
3. Dość dziwaczne oznaczenia, szczególnie stosowane w indeksach. Dlaczego część z nich jest anglojęzyczna, np. wartość średnia „ av ”, międzyszczytowa „ pp ”, a równocześnie jest np. indeks „ sk ” dla oznaczenia wartości skutecznej. Niekonsekwencja. Duże litery I , U zarezerwowane są zwykle dla wartości modułowych i/lub skutecznych, małe dla wartości chwilowych. Autor stosuje konwencję oznaczeń słabo skorelowaną z polską literaturą techniczną. Teoretycznie można, ale czemu to służy?
4. Ω nie jest „pulsacją źródła zasilania”, tylko pulsacją napięcia źródła zasilania.
5. L , R – odpowiednio indukcyjność i rezystancja obwodu zasilania odbiornika nieliniowego; L_o , R_o - odpowiednio indukcyjność i rezystancja obwodu zasilania obciążenia. Przecież odbiornik nieliniowy jest też obciążeniem, czy nie wystarczyło wyjaśnić znaczenie indeksu „ o ”? Dotyczy to także symboli L , R i L_s , R_s . L_oR_o należy raczej wyjaśniać jako parametry zastępcze dławika wejściowego prostownika.
6. Rozumiem, że ω_s (n_s) dotyczy rezonansu szeregowego, w odróżnieniu od pulsacji ω_r (n_r) związanej z rezonansem równoległy?
7. Maksymalny rząd częstotliwości harmonicznej – a co decyduje o tym, że on jest maksymalny?
8. Co to jest „suma wartości skutecznych wyższych harmonicznych napięcia/prądu”?
9. Jeżeli kąt ϕ zdefiniowano jako kąt przesunięcia fazowego to cosinus tego kąta jest współczynnikiem przesunięcia (DPF) lub współczynnikiem mocy w dziedzinie harmonicznej podstawowej lub każdej z rozważanych harmonicznych, a nie współczynnikiem mocy w obwodzie z niesinusoidalnymi przebiegami napięcia i prądu.
10. Autor wprowadził skrótowiec PWP którego nie stosuje w tekście pracy. Pojawia się tam angielskie oznaczenie PCC.

ROZDZIAŁ 1. Wstęp

str. 8. długodystansowy - błąd ortograficzny

str. 9. "... system powinien być ... ekonomiczny ..." - niezręczne sformułowanie

Autor pisze o cechach systemu elektroenergetycznego, po czym dopiero w drugim akapicie definiuje system. Błąd logiczny.

Pisze się mikrosieć, a nie „mikro sieć” lub „mikro-sieć”.

Str. 10 - co to znaczy, że system elektroenergetyczny nie jest stabilny (spokojny)?

Produkowana/wytwarzana jest energia, nie moc.

str. 11. Rozważania dotyczące schematu zastępczego elementów sieci są zbyteczne. To, jaki poziom uproszczenia schematu zostanie przyjęty, zależy od celu prowadzonych rozważań. Nie można arbitralnie stwierdzić, że gałęzie poprzeczne w schemacie zastępczym "nie mają praktycznego znaczenia". Ależ mają, w innych rozważaniach niż te które prezentuje Autor lub w przypadku rozszerzenia pasma częstotliwości analizowanych harmonicznych.

Przedostatni akapit - "Dla odbiornika nieliniowego napięcie źródła zasilania ...uwzględniając zastępcze modele elementów systemu". - niezręczne sformułowanie.

Str. 12. W języku polskim separatorem dziesiętnym jest przecinek, nie kropka. Piszemy 0,25; nie 0.25. Przedostatni akapit; "takie definiowanie sztywności systemu ... jest coraz częściej używane w badaniach propagacji wyższych harmonicznych ...". A może być stosowane inne?

Nie jakoś energii", lecz "jakoś dostawy energii" lub "jakoś zasilania"

- str. 13. "Obustronne wpływianie środowiska elektromagnetycznego na urządzenia i odwrotnie ..." - niezręczne sformułowanie
"Zgodność to także zjawiska ..." - niezręczne sformułowanie
„Produkt elektroniczny lub elektryczny ... generuje” zaburzenia nie zakłócenia elektromagnetyczne.
- str. 14. Odbiory nieliniowe to głównie układy elektroniczne i/lub energoelektroniczne. Warto to rozróżniać.
"Występują na linii" - niezręczne sformułowanie
„Źródłami złej jakości (dostawy) energii - źródłem harmonicznych - mogą być (nasycone) obwody magnetyczne...”
"W wymienionych źródłach złej jakości energii elektrycznej z wyjątkiem obwodów magnetycznych mamy w zasadzie (?) do czynienia z dwoma podstawowymi typami nieliniowości, którymi są prostownik (?) i łuk elektryczny” - niezręczne sformułowanie.
- Str. 15. „Energia elektryczna pod wpływem zaburzeń elektromagnetycznych podlega zniekształceniu ...” – niezręczne sformułowanie.
„Zjawiska zaburzeń (może po prostu: zaburzenia) powodują, że otrzymane przez odbiorcę energia lub sygnał (???) ...” – niezręczne sformułowanie.
Drugi akapit - do podstawowych zaburzeń należy znacznie większa liczba zjawisk elektromagnetycznych (np. wahania i asymetria napięcia), które klasyfikuje się przyjmując różne kryteria podziału.
- Str. 16. Odbiorca jest źródłem zaburzeń, nie zakłóceń
Autor jako sieć przesyłową traktuje cały system elektroenergetyczny?
W Polsce odpowiedzialność odbiorcy dotyczy nie odkształcenia prądu, lecz przyrostu odkształcenia napięcia.
Na stronie 13 *zgodność* traktował Autor jako tłumaczenie angielskiego terminu *compatibility*, a na stronie 16 jako polski odpowiednik angielskiego słowa *compliance*. To są dwa różne terminy. Pierwszy dotyczy zgodności pomiędzy urządzeniami i środowiskiem, a drugi spełnienie wymagań np. norm.
Norma EN 50160 dotyczy znacznie większej liczby zaburzeń niż tylko wymienione w pracy.
Pomiędzy liczbą a nazwą jednostki powinna być spacja, np. 50 Hz, nie 50Hz.
Gdy mówimy o percentylach, np. dotyczących częstotliwości należy podać minimalny czas oceny (7 dni, nie rok jak podano dla percentyla CP99,5), nie poprzestawać na stwierdzeniu „przez 100% czasu”.
W kontekście przedstawionym w pracy należy napisać „wolne zmiany napięcia”. Do kategorii zmian napięcia należą bowiem także np. wahania napięcia, szybkie zmiany napięcia, asymetria, które są odrębnymi kategoriami zaburzeń.
Powinno być - „... $\pm 10\%$ napięcia referencyjnego, którym w sieciach nN jest napięcie znamionowe”. Na innych poziomach napięcie referencyjne nie zawsze jest równe napięciu znamionowemu sieci.
THD<8% dotyczy tylko sieci nN i SN.
- Str. 17. Zdefiniowano zbyt późno współczynnik THD – on był wspomniany w tekście znacznie wcześniej.
Zapis zależności (1.2) jest nieprawidłowy. Zrównano dwa różne współczynniki: THD i TTHD.
- Str. 18. Prąd I_L – nazywanie go prądem „zapotrzebowania” jest niezręcznym tłumaczeniem angielskiego terminu, to prąd wynikający z mocy przyłączeniowej/umownej. Jeszcze gorzej brzmi tłumaczenie w odniesieniu do współczynnika TDD – całkowite pożądane (?) zniekształcenie (dotychczas było odkształcenie) prądu.
Akapit nad tabelą 1.2 – warto było zapisać zależność analityczną definiującą współczynnik TDD.
Wówczas podane tam stwierdzenia byłyby bardziej czytelne.

Drugi akapit od końca – opinia dyskusyjna. Dane podane w tabeli 1.2 są stosowane w odniesieniu do dużych instalacji elektrycznych, a podane w normie 61000-3-2 dotyczą urządzeń o relatywnie małej mocy.

Ostatni akapit, „dopuszczalny limit”, to pleonazm.

Str. 19. Filtry ograniczają wartości harmonicznych w bliskim sąsiedztwie odbiornika nieliniowego, nie w źródle harmonicznych. Chyba, że jest to filtr stanowiący integralny element odbiornika nieliniowego.

„Same filtry wyższych harmonicznych mogą być projektowane dla znanych (?) odbiorników w zależności od ich mocy.” – zdanie nieczytelne.

Str. 20. Dławik wejściowy odbiornika nieliniowego jest szczególnym (nie jedynym) przykładem pasywnego filtra szeregowego. Podobnie jak połączenie filtra szeregowego i równoległego jest tylko jednym z wielu rozwiązań filtrów szerokopasmowych (nie jedynym).

Str. 21. Pierwszy akapit rozdziału 1.4. Historycznie pierwszym badanym źródłem harmonicznych był nasycony obwód magnetyczny.

Piece łukowe zasilane „najczęściej ... z elektrowni (?) oddzielnymi liniami ...”?

Dlatego najczęściej zasilane są (piece łukowe) ... poprzez specjalne podłączenia do systemu zasilania lub nawet generatorów.”?

Ostatnie zdanie – nieliniowość łuków nie generuje harmonicznych. Niezręczne sformułowanie.

ROZDZIAŁ 2. Analiza wybranych modeli obciążeń nieliniowych

Str. 26. 2.1. Model ~~obwodu~~ (czy to słowo jest potrzebne?) systemu elektroenergetycznego z dwupołkowym prostownikiem mostkowym

„Urządzenia elektryczne zawierają obwody oraz układy prądu stałego ...” – odbiornik DC stanowi także obwód prądu stałego.

„Podstawowym trybem pracy dwupołkowego prostownika mostkowego jest praca z przerwami w przewodzeniu prądu ...” W zależności od parametrów obwodu i mocy obciążenia podstawowym trybem pracy może być także praca ciągła, bez przerwy prądowej.

„W tym trybie prąd ... przez pewne części okresu jest bliski zero.” – bliski czy równy zero? Jak są modelowane diody?

Ostatni wiersz - "Prostownik mostkowy wytwarza wartość bezwzględną napięcia ..." - niezręczne sformułowanie.

str. 27. Należy jednoznacznie opisać sposób modelowania diod w obydwu trybach pracy: przewodzenia i blokowania. W stanie przewodzenia jest to stały spadek napięcia, a w stanie blokowania przerwa czy bardzo duża rezystancja? Jeżeli przerwa to nie można pisać o „prądzie bliskim zero”. Z pewnością w modelu nie są odtworzone parametry fizyczne konkretnej diody, choć takie modele można znaleźć w toolbox-ach Matlab-a.

Ostatni akapit: „... w obwodzie ... wygenerowano przykładowe przebiegi prądów i napięć ...” . Niezręczne sformułowanie.

Str. 28. Autor przedstawił przebiegi czasowe napięć i prądów przyjmują pewne wartości indukcyjności, pojemności i rezystancji elementów składowych analizowanego obwodu. Co było podstawą wyboru takich parametrów?

„Prąd na wyjściu prostownika ... jest wartością bezwzględną” Prąd „nie jest wartością”, lecz „ma wartość”.

Na rysunku 2.3 przedstawiono nie tylko przebiegi napięć i prądów obwodu AC.

Str. 29. Na rysunku 2.4 prąd jest na granicy ciągłości? Warto w komentarzu zwrócić uwagę na napięcie odbiornika DC.

Raz jest odkształcenie, a innym razem zniekształcenie. Warto ujednoclić.

Ostatnie zdanie - "... amplitudzie tętnień równej wartościom prądu wyjściowego ... ???” Jak zdefiniowano tętnienia?

Str. 30. $L_{dc} = 300$ mH - dlaczego taka wartość?

Str. 31. Pierwszy akapit - zjawisko to wystąpi w przypadku błędnego zaprojektowania dławika.

Co to znaczy, że nie analizowano wpływu szeregowej indukcyjności L_s ? Rozumiem, że przebiegi przedstawione na rysunkach 2.3, 2.4 i 2.6 sporządzono dla obwodu zawierającego tę indukcyjność?

Rozdział 2.2. Pierwszy akapit. Nieprawdą jest, że analizy pracy prostowników (każdych, nie tylko tych najprostszych dwupulsowych), najczęściej (!) nie uwzględniają indukcyjności w obwodzie zasilania. Zależy to od celu analizy. To prawda, że często przekształtnik jest traktowany w rozważaniach jako źródło prądu, ale to nie oznacza to, że badania oddziaływań prostowników na sieć zasilającą są wtedy „nieużyteczne.” Wręcz przeciwnie, są bardzo użyteczne np. do badania częstotliwościowych charakterystyk impedancji systemu widzianej z zacisków prostownika. W innych przypadkach indukcyjność wejściowa prostownika musi być uwzględniana, ze względu na komutację w elementach półprzewodnikowych.

Analiza wpływu indukcyjności ... zasilania jest ważna dla określenia wyższych harmonicznych” Precyzyjnie "wartości" harmonicznych, nie ich rzędy. Te ostatnie zależą wyłącznie od konfiguracji prostownika.

Str. 33. Pierwszy akapit – "W równaniu 2.2 jako napięcie na zaciskach zasilania prostownika przyjmuje się jego napięcie wyjściowe U_c ... ?"

"... w modelu prostownika nie uwzględniono kierunku przepływu prądu obwodu zasilania."

Gdzie w równaniach (2.2) i (2.3) uwzględniona jest dioda występująca na rysunku 2.7?

Drugi akapit: „Równolegle połączone pojemność C i rezystancja R_L zastępowane są wtedy przez źródło napięcia stałego o regulowanej (!!!) wartości.” Regulowanej – jak? Przecież to jest odbiornik energii.

Str. 34. akapit po zależnością (2.5): "Z (2.5) wynika, że napięcie $U_{o(t)}$ jest falą prostokątną o współczynniku proporcjonalności, będącym ... sumą napięć U_{dc} i spadku napięcia na ... dwu ... diodach".

"W [9] założono, że tylko pierwsza harmoniczna przyczynia się do przesyłania mocy czynne ..." - przecież są harmoniczne tego samego rzędu w prądzie i napięciu.

W równaniach (2.8) - (2.9) wbrew dotychczasowym rozważaniom diody traktowane są jako idealne klucze. To wymaga komentarza.

Str. 35. „Początkowo model obwodu AC z prostownikiem mostkowym nie uwzględniał oddziaływań z systemem zasilania, skupiano się na parametrach wyjściowych prostownika. Pomijano impedancję systemu zasilania.” Nieprawda.

Przedostatni akapit - "jednakże istnieją pewne wątpliwości i braki w analizie prostowników, które wymagają uporządkowania oraz opracowania, bądź ulepszenia ..." - jakie braki, proszę je wymienić.

Str. 37. Zależność (2.11) – dlaczego dla prądu $I_{(t)} = 0$ napięcie $U_o = 0$?

"... pulsacji równej 1." Jak jest zdefiniowana pulsacja?

Str. 38. zależność (2.21) - co to jest W_0 ?

Str. 39. Akapit pod zależnością (2.27). Jak można analizować pracę prostownika przy przyjęciu takiego przedziału zmian napięcia wyjściowego mostka?

Na czym polega znaczenie wprowadzenia funkcji $\text{sign}(I_{(t)})$ „w dalszych badaniach oddziaływań prostowników ... na system elektroenergetyczny”? Zależności podane w tym rozdziale dotyczą pracy ciągłej odbiornika, a w przypadku typowej pracy prostownika pracy z prądem nie można wykluczyć.

„We wcześniejszych modelach obwodu z prostownikiem ... rezystancja ta nie była uwzględniana ...”. O jakie modele tu chodzi?

ROZDZIAŁ 3. Modelowanie obwodu z prostownikiem mostkowym obciążonym elementami RC

Str. 40. Pierwszy akapit. Nie można pisać o „pełnym zakresie zmienności napięcia wyjściowego prostownika”. W przypadku prostownika diodowego istotna jest wartość mocy po stronie DC, wartość napięcia DC jest rzeczą wtórna. Ona nie podlega regulacji.
Rysunek 3.1 jest kolejnym powtórzeniem kilkakrotnie prezentowanego układu (np. rys. 2.5).

Str. 41. Pierwsze zdanie. Rezystancje diod w stanie przewodzenia - jak więc są reprezentowane diody: jako zmienna rezystancja (jakie przyjęto wartości?), poprzez spadek napięcia (drugi akapit) czy traktowane są jako idealne klucze?

Drugi akapit. „na podstawie wstępnej analizy przebiegów napięć i prądów w obwodzie z prostownikiem mostkowym ... można stwierdzić, że prostownik widziany jest przez źródło zasilania jako obciążenie nieliniowe, którego napięcie można opisać funkcją signum prądu ...”. To nie jest prawdziwe w przypadku prądu przerywanego.

Pod równaniem (3.1); „Z prostownika mostkowego wypływa wartość bezwzględna prądu zasilania ...” – niezręczne sformułowanie.

Str. 42. W zależnościach (3.7) źle zapisano przecinki oddzielające poszczególne wzory.

Akapit pod zależnością (3.7) – I_m nie jest prądem zwarciovym obwodu, przy jego zdefiniowaniu nie uwzględniono rezystancji obwodu, o której Autor pisze.

Zależność (3.8) - rozumiem, że przyjęto częstotliwość równą 50 Hz.

Str. 44, drugi akapit. Co było podstawą wyboru wartości elementów zastępczych obwodu? Przyjęcie w rozważaniach stałej wartości $r_{LC}=10$ oznacza, że wraz ze zmianą rezystancji obciążenia odwrotnie proporcjonalnie zmienia się pojemność kondensatora DC. Dlaczego?

Przyjęto $u_d=0,01$. Dlaczego? W sieci niskiego napięcia (230 V) $E_S = 325,3$ V, a to oznacza, że spadek napięcia na diodzie podczas przewodzenia wynosi: $U_d=u_d E_S=0,01 \times 325,3$ V = 3,3 V. Absurdalne.

Iloczyn r_{LC} nie ma wymiaru czasu, nie jest więc stałą czasową.

Parametrem dla prezentowanych dalej przebiegów powinna być moc wyjściowa DC, to jest ważne ze względów praktycznych.

Ostatnie zdanie. „Wartości prądu są bliskie zero (dlaczego nie równe zero?) ...”, gdy napięcie odbiornika nieliniowego $u_o(\tau)$ i źródła zasilania $\sin(\tau)$ są zbliżone”. A co będzie, jak napięcia będą się różnić, np. napięcie sieci jest większe niż napięcie kondensatora DC?

**Str. 45. PYTANIE nr 5. „W celu wyznaczenia właściwego (?) napięcia obciążenia nieliniowego, w związku z występowaniem nieciągłości prądu zastosowano obserwator napięcia (?) mierzonego na obciążeniu nieliniowym. Uwzględniając tylko te wartości napięcia, które odpowiadają przedziałom czasu przewodzenia prądu przez prostownik.” Proszę o wyjaśnienie tego akapitu. Takie stwierdzenie oznacza, że w przypadku pracy przerywanej napięcie na zaciskach odbiornika będzie przedstawiane w sposób nieprawidłowy, co widać porównując przebiegi na rysunku 3.4 oraz 3.7. W tym drugim przypadku przebieg napięcia nie odpowiada zjawiskom fizycznym w obwodzie.
Zależność (3.9) – dlaczego dla praktycznie zerowej wartości prądu napięcie $u_o=0$? W trybie pracy przerywanej prostownika ten warunek jest nieprawdziwy. Podobnie jak stwierdzenie na stronie 46: „Oznacza to, że napięcie obciążenia $u_o(t)$ też jest równe zero.”**

Str. 47, pierwsze zdanie akapitu pod rysunkiem. „Przebiegi obwodu ...” – niezręczne sformułowanie.

Str. 48. „To z kolei ma wpływ jak będzie wyglądała charakterystyka napięciowo-prądowa ...” Niezręczne sformułowanie.

„Charakterystyki te są nieparzyste oraz niejednoznaczne.”

Ostatni akapit: „dla r_{LC} histereza jest na tyle mała ...”. Tu powinna być miara liczbowa.

- Str. 56, pierwsze zdanie. Przedstawione na stronie zależności są podstawą szeregu Fouriera, zgodność z normą IEEE ma znaczenie wtórne.
W zależnościach (3.16) i (3.17) przed całką brak $(1/\pi)$?
Zależności (3.16) - (3.20) stanowią zbyt częste powtórzenie wzorów (3.11) - (3.15).
- Str. 57. Zależności (3.21) i (3.22) są błędne. Dlaczego sumowanie rozpoczyna się od 3. harmonicznej?
Rysunki 3.15, 3.16 i 3.20 – przedstawione tam charakterystyki dotyczą napięcia jak na rysunku 3.4 czy 3.7? Dlaczego interesują Autora wskaźniki napięcia wejściowego prostownika? Jakie mają one praktyczne znaczenie? To nie jest PWP, tu nie są przyłączane inne odbiory.
- Str. 62. Pierwsza harmoniczna napięcia odbiornika (U_o) dotyczy napięcia jak na rysunku 3.4 czy 3.7?
- Str. 63. Kąt przesunięcia fazowego na rysunku 3.21 podany jest w stopniach?
- Str. 71, Można wyliczać różne rzeczy, ale zawsze trzeba postawić pytanie: jaki jest cel takich obliczeń.
W jakim celu podjęto analizę rozkładu mocy w obwodzie z i bez tzw. „obserwatora” napięcia u_o ? Rozumiem, że chodzi o przebiegi przykładowo pokazane na rysunkach 3.4 i 3.7? Przecież te drugie są nierzeczywiste? Co z takiej analizy ma wynikać?

ROZDZIAŁ 4. Badania symulacyjne i weryfikacja modelu obwodu AC z prostownikiem mostkowym o stałym napięciu wyjściowym

- Str. 77. Zależność (4.3). Zmienność napięcia dla prądu o wartości zawartej w przedziale $(-\epsilon) - (\epsilon)$? Także komentarz poniżej tej zależności. Wymaga wyjaśnienia.
- Str. 78. Zmiana napięcia U_a w prowadzonej analizie jest sztuczna. Zmienia się obciążenie po stronie DC prostownika, zmiana napięcia DC jest skutkiem.
- Str. 82. Skąd wynika duża zmienność wartości współczynnika na rysunku 4.12?
- Str. 95. W części dotyczącej badań eksperymentalnych proszę pokazać dla wybranych punktów pracy układu przebieg oscyloskopowy napięcia na kondensatorze DC.
- Str. 96. Dlaczego przyjęto takie wartości analizowanego obwodu?
- Str. 99. Proszę podać przykład, w którym wartość harmonicznych i współczynnika THD napięcia wejściowego prostownika ma jakiegokolwiek praktyczne znaczenie.

ROZDZIAŁ 5. Analiza skuteczności pasywnych filtrów wyższych harmonicznych oraz ich wpływu na pracę systemu

- Str. 107. "Impedancja ta ma na ogół (?) charakter indukcyjny." Udział rezystancji, a także sprawności przesyłu energii do odbiorcy końcowego zależy od poziomu napięcia. "Źródło zasilania dostarcza energię poprzez system przesyłowy (czy Autor rozróżnia sieć przesyłową i rozdzielczą?) do odbiornika nieliniowego, który wytwarza wyższe harmoniczne napięcia obciążenia, które z kolei (?) powodują przepływ wyższych harmonicznych prądów." Prawidłowy związek przyczynowo-skutkowy przedstawiono w kolejnym zdaniu. Odbiornik nieliniowy powoduje przepływ odkształconego prądu (nawet, gdy jest zasilany ze źródła o sinusoidalnym napięciu), to powoduje spadki napięcia od wyższych harmonicznych na impedancji sieci i w konsekwencji odkształcenie napięcia na zaciskach odbiornika.
- Str. 108. Pod rysunkiem 5.1. "Częstotliwość rezonansu własnego elementów LC filtru powinna odpowiadać jednej z częstotliwości wyższej harmonicznej prądu, najczęściej tej dominującej." W praktyce filtr nie stroi się dokładnie do filtrowanej harmonicznej.
- Str. 109. „Dla harmonicznej podstawowej ... filtr powinien mieć charakter pojemnościowy, jeżeli kompensacja mocy biernej jest wymagana.” A jak nie jest wymagana?
„Częstotliwość rezonansu ... filtra powinna odpowiadać jednej z częstotliwości wyższej harmonicznej prądu, najczęściej tej dominującej.” A jaka jest alternatywa do tej sytuacji?

Zależność (5.2) - lepiej podawać moduł transmitancji widmowej.
Ostatnia linijka - dlaczego te wartości?

- Str. 111. Zależność (5.4) wbrew temu co pisze Autor powyżej nie opisuje transmitancji filtru.
Ostatnie zdanie – to, że wraz ze wzrostem liczby filtrów jednogąździowych wrasta liczba rezonansów równoległych jest oczywiste. Ważne jest natomiast to, jak projektować filtry, aby nie wywołać w układzie zjawiska rezonansu równoległego o czym Autor nic nie pisze.
- Str. 113. Dlaczego przyjęto takie wartości parametrów układu?
- Str. 114. Rysunek 5.5 – to są charakterystyki przedstawiane w funkcji częstotliwości (pulsacji) dla indukcyjności sieci przyjętej jako parametr.
Drugi akapit od dołu: „Rezonanse mogą się tworzyć także pomiędzy równoległymi gałęziami filtrów ...”. Nie „mogą”, ale zawsze będą się tworzyć.
- Str. 115. „Wady występujące dla rezonansowych filtrów LC można wyeliminować stosując filtry szerokopasmowe” Które wady ma Autor na myśli? Filtr szerokopasmowy to także filtr rezonansowy LC.
Rysunek 5.6. Autor wybrał nietypową strukturę filtru szerokopasmowego, praktycznie nie stosowaną w sieciach elektroenergetycznych ze względu na wysokie koszty eksploatacyjne (straty mocy na rezystorze w gałęzi równoległej). Istnie kilka korzystniejszych eksploatacyjnie i przez to stosowanych w praktyce filtrów szerokopasmowych. Wykorzystuje się natomiast dławik włączony szeregowo w celu poprawy efektywności pracy filtrów równoległych.
„Transmitancja tłumienia wyższych harmonicznych” – niepoprawny termin.
- Str. 116. Do której harmonicznej będzie dostrojony filtr szerokopasmowy, zależy od wielu czynników, np. konfiguracji odbiornika nieliniowego i obecności filtrów jednogąździowych.
Po raz kolejny Autor bez żadnego uzasadnienia wybiera parametry elementów składowych filtru.
- Str. 117. Tłumienie harmonicznych nie następuje od razu po przekroczeniu częstotliwości rezonansu równoległego.
Włączenie dławika w obwód gałęzi równoległej filtru poprawia skuteczność filtracji harmonicznej do której dostrojona jest gałąź równoległa. Wpływ na pozostałe składowe jest niekorzystny (rys. 5.7 i 5.9).
Ostatnia linijka – ω_n/ω .
- Str. 119. „To oznacza, że model źródła prądu ... nie uwzględnia zjawisk konwersji energii” Jaką konwersję energii ma Autor na myśli w kontekście analizy efektywności pracy filtrów? Taki jest tytuł rozdziału.
„Modele obwodów ... ze źródłem prądowym nie uwzględniają indukcyjności układu zasilania odbiornika.” Ależ uwzględniają, jeżeli badane są charakterystyki częstotliwościowe impedancji widzianej z zacisków odbiornika nieliniowego.
- Str. 124, ostatnie zdanie – Jeżeli pominiemy komutację w elementach półprzewodnikowych (a tak Autor zrobił) to jedynym elementem biernym wymagającym kompensacji, jest moc bierna dławika wejściowego odbiornika/niesterowanego odbiornika. Czyli rozważany jest problem filtru minimalnomocowego – trzeba odfiltrować harmoniczną najniższego rzędu, przy minimalnej mocy biernej filtru dla składowej podstawowej. Oznacza to relatywnie duże napięcie kondensatora. Tego nie sprawdzono w pracy.
- Str. 125. Ostatnie zdanie – Zwiększenie x_s „może” czy „musi” powodować pogorszenie współczynnika mocy (czy DPF)?
Autor analizuje zmienność pojemności kondensatora filtru, ale przecież ona wynika z potrzeb kompensacyjnych

- Str. 126. Stwierdzenie pod rysunkiem 5.13 nie ma charakteru generalnego. Ono dotyczy tylko analizowanego przypadku i to dla określonej kombinacji parametrów zastępczych elementów pasywnych obwodu.
Wartość THDu na poziomie 1,25% to bardzo mało.
Ostatnie zdanie – zwiększenie indukcyjności sieci zasilającej nie ogranicza zjawiska rezonansowe, tylko przesuwa częstotliwości rezonansowe w inne obszary widma. Nieprecyzyjne sformułowanie.
- Str. 128. O jakie źródło zasilania tu chodzi, idealne źródło napięcia w głębi sieci $e_s(t)$?
- Str. 129, pierwszy akapit – jaki jest sens analizować obwód filtru równoległego pozbawiając go indukcyjności? Analizujemy wówczas mało praktyczny przypadek. Rysunek 5.17 – co z tego rysunku ma wynikać? Wymaga komentarza przyczyna większego odkształcenia prądu sieci od odkształcenia prądu odbiornika nieliniowego.
- Str. 130. Dostrojenie dokładnie do 3. harmonicznej filtru równoległego, to kolejne teoretyczne założenie. Taki przypadek w praktyce nie występuje, trzeba bowiem uwzględnić odstrojenie filtru w czasie.
- Str. 132. „Trudno jest określić właściwą wartość pojemności baterii do kompensacji mocy biernej, tak aby uniknąć gwałtownych zmian współczynnika THDis”. Ależ to nie jest kryterium wyboru tej pojemności, ona wynika z potrzeb kompensacyjnych. Projektant musi tak dobrać parametry obwodu, aby uzyskać pożądaną wartość współczynnika przesunięcia w PWP i aby nie wytwarzać wzmocnień harmoniczných. Istotne jest pytanie - co jest przyczyną takich drastycznych zmian?
- Str. 135, tekst nad rysunkiem 5.23. "... odbiornik nieliniowy ma charakterystykę napięciowo-prądową ... odpowiadającą charakterystyce dla rzeczywistego obciążenia ...". Mam wątpliwości. Aby tak stwierdzić należy przyjąć w symulacjach pełne modele elementów półprzewodnikowych, w tym szczególnie odtworzyć zjawisko komutacji.
- Str. 136, pod zależnością (5.31). "Funkcja modelu – niezręczne sformułowanie.
- Str. 141. Jeżeli podlegają zmianie wartości pojemność kondensatora i indukcyjność sieci przy niezmiennych parametrach odbiornika i jego indukcyjności wejściowej to mamy stany przekompensowania i niedokompensowania, a w konsekwencji zmiany napięcia w PWP. W praktyce zakres tych zmian nie jest duży, a problem, który Autor analizuje wynika z przyjętych parametrów obwodu. Dlaczego Autor rozważa tylko podstawową harmoniczną napięcia?
- Str. 145, tabela 5.7 i 5.11. Dlaczego nie podano wartości prądu odbiornika przed przyłączeniem filtru?
Tabela 5.8 – czy wartości napięć odbiornika nie wskazują, że analizowany jest niepraktyczny układ?
„Największe wartości skuteczne prądu otrzymano dla prądu obciążenia Są one bliskie wartościom prądu (sieć) ... otrzymanym przed dołączeniem filtra.” – co z tego wynika?
- Str. 148, pierwsze zdanie. Dlaczego THD prądu filtru jest większy od THD prądu odbiornika. To oznacza, że występuje wzmocnienie harmoniczne, zbliżono się do częstotliwości rezonansowej. To należało przeanalizować.
- Str. 149, pod tabelą 5.12. Jaki charakter ma wówczas współczynnik przesunięcia źródła zasilania?
Obwód, w którym napięcia w PWP stanowi 70% napięcia źródła w stanie jałowym jest przypadkiem niepraktycznym.
Początek drugiego akapitu – nie trzeba przeprowadzać żadnych analiz, aby sformułować ten wniosek. Wartość napięcia u_a wynika z poziomu obciążenia odbiornika, nie podlega regulacji. W tym samym akapicie „... ten wzrost napięcia należy uwzględnić dobierając elementy filtru”. To oczywiste, ale Autor w żadnym miejscu pracy nie określił wzrostu napięcia na kondensatorze filtry, a przecież rozważa filtr minimalnomocowy, czyli filtrujący, ale praktycznie nie kompensujący odbiornik, dla którego współczynnik przesunięcia jest równy jeden.

Ostatnie zdanie – czy autor postuluje dobór wartości napięcia znamionowego odbiornika innego niż napięcie sieci?

Str. 150. Wnioski pierwszego akapitu nie są poprawne. Stosowane w praktyce dławiki 1, 2, 3% bardzo rzadko 5%, muszą zagwarantować odpowiedni poziom napięcia na wejściu prostownika. Dodatkowo musimy założyć zmienność obciążenia prostownika, a więc pracę w zakresie prądów przerywanych i ciągłych.

Str. 151, pierwszy akapit – „Ponadto filtr może być utworzony z wykorzystaniem baterii kompensacji mocy biernej.” A jakie są inne możliwości?

Ostatnie zdanie – ależ Autor analizuje filtr rezonansowy, tylko nie bada wartości częstotliwości rezonansowych.

ROZDZIAŁ 6. Badania eksperymentalne obwodu z obciążeniem nieliniowym oraz weryfikacja uzyskanych wyników

Str. 152. Przyjęto arbitralnie wartość indukcyjności i rezystancji sieci zasilającej. Dlaczego takie? Podobnie jak pojemność filtru.

Str. 153, akapit pod rysunkiem. Dlaczego prąd I_{av} nazwano prądem maksymalnym. To jest wartość średnia prądu wyjściowego potrzebna, aby przy przyjętym napięciu $U_{av}=220$ V uzyskać na wyjściu prostownika 245 W.

Str. 154, pierwszy akapit. Jeżeli Autor dla wyznaczenia indukcyjności L_o musi wykonać symulację obwodu, to podane zależności 6.1-6.3 są niepotrzebne. Indukcyjność można wyznaczyć bezpośrednio z badań symulacyjnych.

Str. 154. Dławik 150 mH dla zasilacza 245 W? przecież to ogromne urządzenie. Jaki jest jego wymiar?

Str. 155, rysunek 6.2. Rysunek przedstawia wyniki symulacji czy rejestracje oscyloskopowe? Rozdział dotyczy badań eksperymentalnych. Przebieg napięcia $U_{o(t)}$ jest nierzeczywisty.

Przy tak dużej rezystancji dławika sprawność zasilacza jest niska. Proszę określić jej wartość.

Po raz kolejny pojawiają się arbitralnie wybrane wartości parametrów obwodu.

Str. 157, pod rysunkiem 6.4. Ogromne wartości indukcyjności dla zasilacza 240 W. Jakie to ma znaczenie praktyczne?

Trzeci wiersz od końca – dlaczego strojono do 3. harmonicznej? Patrząc z zacisków prostownika, po uwzględnieniu jego indukcyjności wejściowej rezonans szeregowy będzie bliżej 2. harmonicznej. Znacznie korzystniejszy byłby taki podział indukcyjności na część L_o i L_f , aby dostroić ten układ z kondensatorem do 3. harmonicznej. Dzięki temu i harmoniczna byłaby filtrowana i indukcyjność L_o byłaby mniejsza, a napięcia na zaciskach prostownika większe.

Str. 158, rysunek 6.5. Rysunek przedstawia wyniki symulacji czy rejestracje oscyloskopowe? Rozdział dotyczy badań eksperymentalnych. Przebieg napięcia $U_{o(t)}$ jest nierzeczywisty.

Str. 159. Dlaczego odwołanie jest do regulacji amerykańskich? W Europie stosowane są normy, które także określają dopuszczalne harmoniczne prądu, np. norma PN EN 61000-3-2, która była już przywołana przez Autora.

Czy współczynnik THD_{U_o} został wyznaczony dla przebiegu jak na rysunku 6.5? Pytanie dotyczy także wartości napięcia U_o podanych w tabeli 6.3.

Str. 160. Tabela 6.2, 6.3, 6.4 symbole wielkości fizycznych pisze się kursywą, ale już nie indeksy i jednostki.

Wartość sprawności zasilacza na poziomie 87,7% jest bardzo (!) niska. Układ nie ma żadnej praktycznej wartości.

Str. 161. Tabela 6.4. W języku polskim stosuje się przecinek a nie kropkę jako separator dziesiętny. Co to jest „dokładność bliska zeru”?

- Str. 163, pierwszy akapit. „Zmniejsza się przez to przydatność wskaźników jakości energii elektrycznej pod kątem wprowadzanych zaburzeń do systemu zasilającego.” Nie rozumiem tego zdania, jaką informację chciał Autor przekazać czytelnikowi.
- Str. 164. Drugi akapit. Wbrew temu co pisze Autor moc generatora stosowanego do pomiaru impedancji sieci nie musi być porównywalna z mocą zwarciovą sieci. To by oznaczało, że moc generatora stosowanego do pomiaru impedancji sieci na poziomie np. 110 kV osiągałaby poziom 3000-4000 MVA.
Powinna być wyznaczana nie tylko indukcyjność, lecz generalnie impedancja zastępcza z jej częścią rezystancyjną i reaktancyjną.
- Str. 165., pod rysunkiem 6.7. Kolejny zestaw nie skomentowanych parametrów analizowanego obwodu.
- Str. 166. Pod zależnością (6.5) – co to znaczy „dobrano napięcie wyjściowe”?
- Str. 167. Brak minusów w zależności (6.8).
Pod (6.8). Szukane niewiadome wyznaczane są nie z równania (6.8) tylko ze zbioru równań w kolejnych chwilach.
- Str. 168. Zgłaszam wątpliwość dotyczącą prawidłowości wyznaczenia błędów względnych w tabeli 6.6.
Np. ostatni wiersz indukcyjność: $\{[0,25+0,134-0,365]/(0,25+0,134)\}=0,049$...
Skąd wynika indeks „geq”?
- Str. 170. Jaką analizę literaturową ma Autor na myśli? Nie znalazłem jej w ocenianej pracy, a przywołana pozycja literatury dotyczy jednofazowych sterowanych prostowników dla potrzeb instalacji PV. Nie może być więc dowodem na postawioną tezę.
Drugi akapity: „... z prostownikiem mostkowym, gdy wzrasta napięcie wyjściowe prostownika prąd może płynąć w sposób ciągły lub z przerwami. Jaką informację chciał Autor tu przedstawić, to mniej więcej tak jak stwierdzenie: pogoda jest zawsze albo słoneczna, albo niesłoneczna. Dodatkowo zachowanie prostownika zależy od charakteru impedancji po stronie DC. Autor milcząco zakłada, że jest ona stała.

