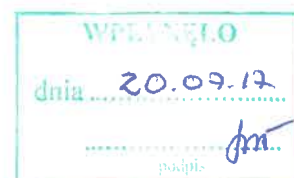


Prof. dr hab. inż. Janusz Fleszyński
Emerytowany profesor zwyczajny
Politechniki Wrocławskiej

Wrocław, 18 lipca 2017 r.



Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Piotra Oramusa
pt. *Researches on Limitation of Electric Arc*
in Low Voltage Switches

1. Tematyka i teza pracy doktorskiej

Problematyce badawczej łączników elektrycznych poświęcono już wiele prac. Badania prowadzone były od dawna w licznych ośrodkach naukowych na świecie. W kraju intensywne badania rozwijane były – z dużym powodzeniem badawczym – przez zespoły z wyższych uczelni technicznych. Wymienić tutaj należy zwłaszcza zespoły z : Politechniki Łódzkiej, Politechniki Warszawskiej, Politechniki Poznańskiej, Politechniki Wrocławskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Problematyka badawcza łączników elektrycznych jest jednak nadal ważna i aktualna. Decydują o tym przede wszystkim:

- bardzo szerokie i odpowiedzialne zastosowania różnego rodzaju łączników elektrycznych, w szczególności w elektroenergetyce i w przemyśle;
- uzasadniona z wielu względów potrzeba dalszego postępu technicznego

w dziedzinie tych podstawowych urządzeń elektrycznych, któremu bardzo sprzyjają możliwości techniki cyfrowej oraz osiągnięcia w zakresie materiałów stykowych i elementów energoelektronicznych.

Tematyka opiniowanej pracy doktorskiej dotyczy aktualnych badawczo zagadnień ograniczenia łuku elektrycznego i erozji łukowej styków w łącznikach elektroenergetycznych niskiego napięcia przemiennego 50 Hz. Badania ukierunkowała następująca teza:

Możliwe jest ograniczanie łuku elektrycznego oraz erozji łukowej w łącznikach elektrycznych poprzez zastosowanie zewnętrznych układów służących do komutacji prądowej oraz do synchronicznego wyłączenia prądu. Istotą pracy jest przedstawienie ilościowego i jakościowego wpływu stosowania różnych metod ograniczających łuk elektryczny w przerwie międzystykowej łącznika podczas operacji przerywania prądu.

Dla wykazania słuszności tej tezy oraz osiągnięcia przedstawionego w tezie celu badawczego Doktorant zrealizował szeroki program badań eksperymentalnych.

2. Ocena prac badawczych i rozprawy doktorskiej

Program badań eksperymentalnych obejmował:

- zaprojektowanie i wykonanie stanowiska badawczego;
- dobór: przedmiotu badań (metody ograniczenia energii łuku: synchroniczne wyłączenie, metody pasywne, metoda hybrydowa), obiektu badań (układy łączników elektrycznych), ważnych w badaniach parametrów (parametry: obwodu elektrycznego, elementów bocznikujących przerwę zestyków łącznika, napięcia prób, fazy prądowej rozłączania styków, itd.);
- opracowanie metodyki badań i dobór narzędzi badawczych;

- wykonanie pomiarów elektrycznych badanych procesów łączeniowych oraz obliczeń energii łuków;
- wykonanie rejestracji fotograficznych łuków elektrycznych;
- przeprowadzenie wielołączeniowych cykli degradacyjnych badanych układów łączników;
- wykonanie badań erozji łukowej styków.

Program ten, zrealizowany w pełni, oceniam bardzo pozytywnie, jako kompleksowy, logiczny i badawczo spójny.

Zwracam uwagę na oryginalność i funkcjonalność stanowiska badawczego, pracochłonnego w zaprojektowaniu i wykonaniu.

Podkreślam właściwy dobór narzędzi badawczych, tj.: oscyloskopu cyfrowego z odpowiednimi sondami w pomiarach przebiegów elektrycznych, kamery cyfrowej szybkiej w badaniach fotograficznych łuków elektrycznych oraz mikroskopu optycznego, profilometru, elektronowego mikroskopu skaningowego sprzężonego z układem dyspersyjnego spektroskopu w badaniach erozji łukowej styków.

Uzyskane wyniki badań są bardzo interesujące w aspekcie użytkowym. Wykazały bezspornie, że łączenie hybrydowe znakomicie obniża energię łuku i skraca czas jego palenia się oraz wydatnie zmniejsza erozję i nadpalanie styków. Może być zatem perspektywiczną metodą w nowych generacjach łączników o zwiększonej niezawodności, wydłużonym czasie życia, zwiększonej obciążalności prądowej oraz zmniejszonych gabarytach.

Opracowany w pracy doktorskiej układ, zawierający programowalny moduł sterujący elementami półprzewodnikowymi, jest propozycją takiego hybrydowego łącznika.

Wyniki badań są również interesujące w aspekcie poznawczym. W mojej opinii nowe poznawcze informacje dotyczą przepięć łączeniowych w obwodach niskonapięciowych. Zaskakującym wynikiem jest na przykład stwierdzenie w obwodzie zasilanym napięciem 12 V współczynnika przepięć $k_p = 50!$

Z uznaniem przyjmuję przedstawione w rozprawie interpretacje fizyczne rejestrowanych napięciowych i prądowych przebiegów łączeniowych.

Spośród wyników badań erozji łukowej styków, w aspekcie poznawczym wyróżniam wyniki spektroskopowej mikroanalizy pierwiastków chemicznych. Pokazują one, że procentowy udział podstawowych pierwiastków danego materiału stopowego styków (dla badanych styków Ag i Sn) w składzie chemicznym powierzchniowej warstwy styków może być ilościowym wskaźnikiem ich degradacji łączeniowej.

Bardzo wysoko oceniam opracowanie rozprawy.

Zawiera ona, w odpowiednich rozdziałach: wiadomości wstępne, tezę i motywację badań, literaturowe przedstawienie obecnego stanu badań, przegląd różnego rodzaju łączników, wiadomości dotyczące mechanizmu procesów łączeniowych, przedstawienie metod ograniczania energii łuku elektrycznego, omówienie procesów erozji łukowej styków, program badań i opis stanowiska badawczego, wiadomości dotyczące stosowanych metod i narzędzi badawczych, opracowane i usystematyzowane wyniki badań, analizy i dyskusje wyników badań, wnioski końcowe i wskazanie kierunków dalszych prac badawczych, wykaz cytowanej literatury. Rozprawę, napisaną w języku angielskim, poprzedzają streszczenia w języku polskim i angielskim.

Bardzo pozytywnie podkreślam:

- zachowanie w rozprawie właściwej proporcji między wiadomościami literaturowymi a przedstawieniem własnych badań;
- właściwy dla prezentacji badań eksperymentalnych układ rozdziałów rozprawy;
- bardzo dobre opracowanie wyników badań; zwracam zwłaszcza uwagę na obliczenia energii łuków;
- spójność i odpowiedni poziom naukowej analizy i dyskusji;
- widoczną wyraźnie wielką staranność w opracowaniu rozprawy, okupioną niewątpliwie dużym nakładem pracy.

Z przekonaniem oceniam redakcję rozprawy jako wzorcową.

Uważam, że opiniowana rozprawa doktorska wpisuje się w listę ważnych osiągnięć badawczych polskich ośrodków naukowych w dziedzinie badań łączników elektrycznych.

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Przedstawiam cztery uwagi – trzy krytyczne i jedną dyskusyjną.

- 3.1. W rozprawie są jakościowe informacje o dużej powtarzalności wykonywanych pomiarów i badań. Brak jest natomiast analizy statystycznej, dokonanej choćby tylko dla wybranego przypadku.
- 3.2. Na str. 148 rozprawy podana jest informacja o dołączeniu do rozprawy dyskietki kompaktowej z wgranym filmem przedstawiającym zjawiska łukowe, zarejestrowane kamerą cyfrową szybką. Takiej dyskietki nie otrzymałem w przesłanych mi do recenzji materiałach. Oczekuję prezentacji filmu na obronie rozprawy doktorskiej.
- 3.3. Mimo niewątpliwej dogodności nie należy stosować zapisu jednostek napięcia i natężenia prądu elektrycznego, jak: V_{DC} , V_{AC} , $V_{50/60\text{ Hz}}$, V_p , V_{pp} , V_{RMS} , A_p , A_{RMS} , itp.
- 3.4. Nawiązując do wskazanych w rozprawie kierunków dalszych badań stawiam problem opracowania łączników hybrydowych na wyższe napięcia znamionowe. Czy zdaniem Doktoranta opracowanie 3–fazowego łącznika hybrydowego na napięcie przemienne 6 kV, stosowane szeroko w przemyśle, jest obecnie realne i uzasadnione?

4. Wnioski

Uważam, że rozprawa mgr. inż. Piotra Oramusa pt. *Researches on Limitation of Electric Arc in Low Voltage Switches* w dyscyplinie elektrotechnika spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim w art. 13 ust. 1 Ustawy

o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku, z późniejszymi zmianami (jednolity tekst Ustawy – Dziennik Ustaw z dnia 21 czerwca 2016 r., poz. 882).

Wnoszę zatem o dopuszczenie mgr. inż. Piotra Oramusa do publicznej obrony rozprawy na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Jestem w pełni przekonany, że rozprawa zasługuje na wyróżnienie. Formalny wniosek w tej sprawie przedstawię na obronie rozprawy, w niejawnej jej części.

Henrycki