

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA UKŁADÓW STYKOWYCH ŁĄCZNIKÓW ELEKTRYCZNYCH

Stanisław KULAS¹, Łukasz KOLIMAS², Marek PISKAŁA³

1. Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, KWNiAE, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
tel: 0226251914 fax: 0226251914 e-mail: Stanislaw.Kulas@ien.pw.edu.pl
2. Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, KWNiAE, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
tel: 0226251914 fax: 0226251914 e-mail: lukaszpw@o2.pl
3. Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, KWNiAE, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
tel: 0226251914 fax: 0226251914 e-mail: mapisk@ien.pw.edu.pl

Streszczenie: Zestykowi łącznika elektrycznego uzyskiwanego w wyniku zderzenia się styków, towarzyszy przejściowy proces drgań mechanicznych zestyku. Ma wówczas miejsce przemiana energii kinetycznej układu na energię potencjalną sprężystą, a następnie energii potencjalnej na energię kinetyczną ruchu zwrotnego styków. Część energii, która została nagromadzona w stykach i w elementach sprężystych może wywoływać odskoki styków. W czasie odskoków styków zapala się łuk elektryczny, powodując uszkodzenie powierzchni styczności styków, które jest zależne od wartości natężenia prądu i czasu trwania rozwarcia styków. Istnienie i przebieg odskoków styków zależy przede wszystkim od siły docisku i prędkości schodzenia się styków, a także od materiału i masy styków. Odskokom styków łączników można zapobiec lub je ograniczyć przez stosowanie dużego docisku początkowego zestyków, zmniejszenie prędkości schodzenia się styków, a także przez częściowe rozpraszenie energii kinetycznej układu ruchomego i ukształtowanie powierzchni styczności styków.

Słowa kluczowe: aparaty elektryczne, wysokie napięcia.

1. WSTĘP

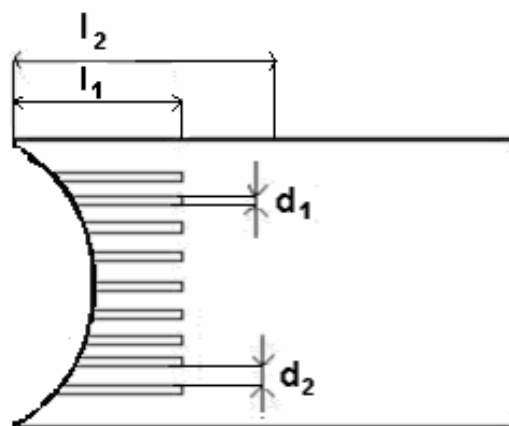
Przedmiotem analizy dynamiki ruchu zestyków jest wyznaczenie przebiegu drogi, prędkości i sił reakcji działających w zestykach w chwili zderzenia styków. Aby wyznaczyć siły reakcji, o których mowa analizowano vibracje i utratę styczności styków. Przedmiotem analizy teoretycznej była analiza dotycząca zmniejszenia naprężeń mechanicznych podczas załączania i likwidacja odskoków styku ruchomego. Wykorzystując oprogramowanie ANSYS zrealizowano szereg usystematyzowanych badań, które doprowadziły autora do określenia optymalnego kształtu i parametrów układu stykowego

2. ANALIZA DYNAMIKI ZESTYKÓW

W literaturze [1,2] zajmowano się już dynamiką ruchu zestyków w oparciu o modele matematyczne o jednym i dwóch stopniach swobody. Zjawiska fizyczne zachodzące w zestykach są wtedy opisane równaniami różniczkowymi drugiego stopnia.

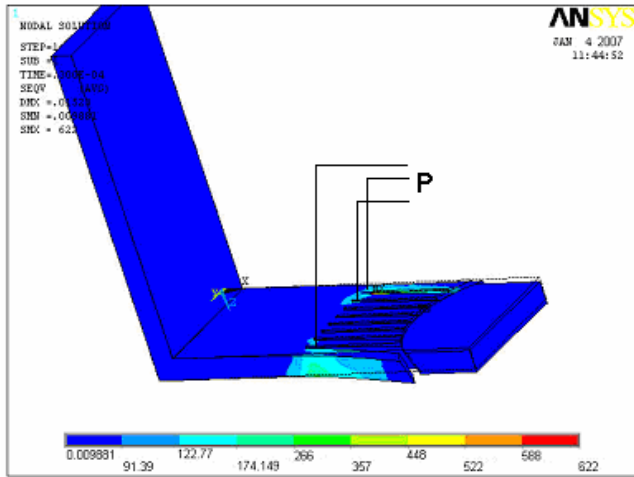
Do pełnej analizy dynamiki ruchu styków załącznika zwarciovego wykorzystano metody polowe. Analizując zamykanie pod kątem zjawisk mechanicznych zaobserwowano problem odskoków sprężystych [3].

Elementy parametryzacji zestyku to m.in.: sposób rozmieszczenia, długość i szerokość nacięć styku nieruchomego, punkt podparcia styków nieruchomych, kąt styczności styków α oraz prędkość styku ruchomego (rys. 1).



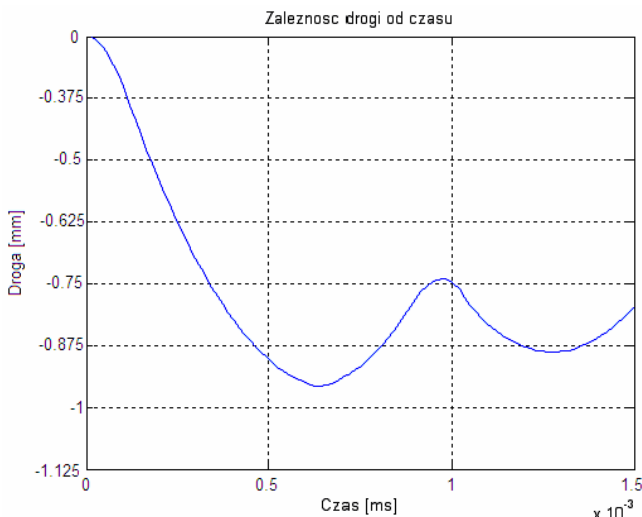
Rys. 1. Ideowy schemat parametryzacji styku nieruchomego załącznika zwarciovego, d_1 – szerokość nacięcia, d_2 – szerokość lamelki, l_1 – maksymalna długość nacięcia styku nieruchomego, l_2 – średnia długość styku nieruchomego, wynikająca z punktu podparcia.

Celem wykorzystania programu Ansys było zbadanie oddziaływań mechanicznych podczas uderzenia stykiem ruchomym załącznika zwarcowego (układ stykowy stożkowy) w styki nieruchome, co byłoby z wykorzystaniem metod analitycznych niemożliwe. Celem obliczeń polowych była analiza drogi i naprężeń mechanicznych zestyku (rys. 2) (zbadanie ewentualnych odskoków).



Rys. 2. Naprężenia mechaniczne w zestyku dla długości nacięć styku nieruchomego $l_1 = 57\text{mm}$ i kąta skosu styków $\alpha = 75^\circ$, P – maksymalne naprężenia zestyku podczas zamykania

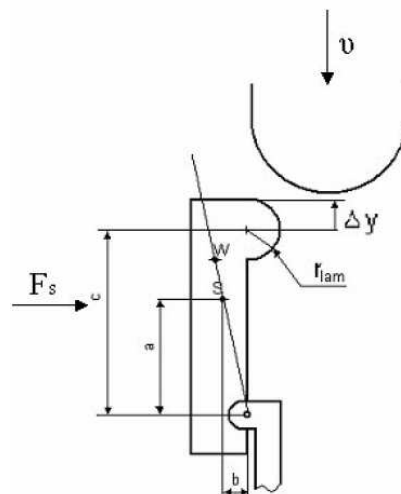
Dzięki wykorzystaniu narzędzia w programie Ansys i Matlab do wykorzystywania wyników z tego pierwszego uzyskano przebieg drogi i prędkości styku ruchomego załącznika zwarcowego (rys. 3).



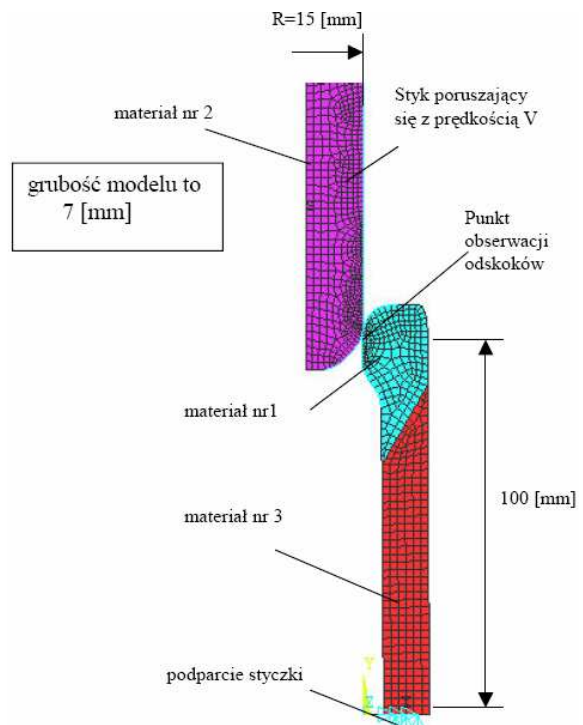
Rys. 3. Przebieg drogi styku ruchomego załącznika zwarcowego wykreślony w Matlabie

Na rysunku 3 zauważono brak odskoku styku ruchomego załącznika zwarcowego. Analizę dynamiki ruchu zestyków wyznaczono również dla styków tulipanowych. Na rysunku 4 przedstawiono schemat idealny analizowanego układu tulipanowego i model zaimplementowany w programie ANSYS.

a)

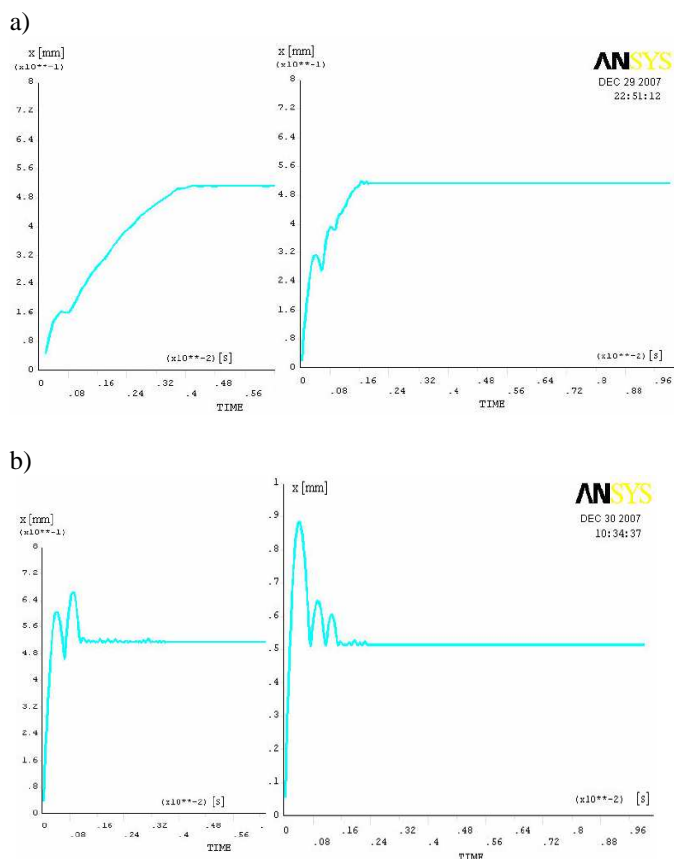


b)



Rys. 4. Schemat analizowanego zestyku tulipanowego: a) schemat idealny, b) model zaimplementowany w programie ANSYS.

Model wykonany został w układzie płaskim, założono została grubość lamelki odpowiadająca grubości rzeczywistej. Na rysunku 5 przedstawiono wyniki odskoku lamelki zestyku w zależności od prędkości styku ruchomego.



Rys. 5. Wyniki odskoku lamelki zestyku tulipanowego w zależności od prędkości styku ruchomego a) 1 [m/s], b) 2,5 [m/s], c) 5 [m/s], d) 8 [m/s]

Badania wykazały, że wielkość odskoku lamelki zwiększała się wraz ze wzrostem prędkości styku ruchomego. Przy prędkościach styku ruchomego 1 m/s wartość odskoku stycзки w chwili zderzenia się styków jest znikoma. Stycзка odkształca się przylegając prawie cały czas do styku ruchomego. Tak więc zmniejszenie prędkości może zmniejszyć lub wykluczyć odskoki stycзки o powierzchni styku ruchomego. Wielkość i liczba odskoków może być zredukowana nie tylko poprzez zmniejszenie prędkości co w niektórych rozwiązaniach nie jest możliwe, ale przez odpowiednie kształtowanie powierzchni stycзости. Kształtując zestyk tulipanowy nie można dopuścić do sytuacji, by naprężenia w lamelkach przekroczyły dopuszczalną granicę sprężystości dla materiału z jakiego

zostały one wykonane. Nie można dopuścić do trwałych odkształceń plastycznych. Duże prędkości styku ruchomego mogą spowodować odkształcenia plastyczne w źle zaprojektowanej stycзости, gdyż pojawiają się duże wartości sił reakcji wzajemnych styków. Dlatego tam gdzie wymagane są większe prędkości schodzenia się styków w zestykach tulipanowych stosuje się stycзки dociskane sprężynami.

3. PODSUMOWANIE

Eliminacja odskoków styków podczas ich zamykania jest niezmiernie ważna z uwagi na to, że układy stykowe wieloprądowe są przeznaczone do załączania bardzo dużych prądów, o wartościach nawet przekraczających 100 kA. Stąd, praktycznie każdy zapłon łuku elektrycznego mający miejsce podczas odskoków styków, prowadzi do uszkodzenia łącznika elektrycznego. W oparciu o obliczenia wykonane przy wykorzystaniu programu ANSYS, dokonano analizy rozkładu naprężeń w stykach. Efektem tych działań było zaproponowanie na stykach nieruchomych naciągów wzdłużnych, tworzących stycázky o zróżnicowanych długościach i zmniejszonych odpowiednio ich sztywnościach [3]. Badania eksperymentalne przeprowadzone na modelu załącznika zwarciovego, potwierdziły użyteczność odpowiednich zależności i zaleceń uzyskanych podczas wykonanych analiz teoretycznych, do projektowania układów stykowych. Można zatem stwierdzić, że poprzez poprawę dynamiki ruchu zestyków, można zdecydowanie poprawić zdolność łączeniową układów stykowych łączników elektrycznych.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Miedziński B.: Dynamika kontaktronu pracującego w układach automatyki elektroenergetycznej, Seria: Monografie, nr 18, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1987.
2. Ciok Z., Maksymiuk J., Pochanke Z., Zdanowicz L.: Badanie urządzeń elektroenergetycznych, WNT Warszawa, 1992.
3. Kulas S., Kolimas Ł.: Badania symulacyjne wieloprądowego układu stykowego załącznika zwarciovego; Przegląd Elektrotechniczny, nr 3, 2007, str. 137-140.

COMPUTER HELPING OF PROJECT DESIGN OF ELECTRIC CONTACT SYSTEM

Keywords: electric apparatus, high voltage

Electric contact in switches, obtained as a result of contact impact, accompanies transient process of contact mechanical vibration. In that time takes place the kinetic energy conversion of system into electric strain energy of contact adverse movement. Part of energy, which is cumulated in contacts and flexible elements, may result in contact bouncing. During contact bouncing fault arc appears causing contact surface deterioration that depends on current density value and time duration of contact opening. Existence and character of bouncing mainly depends on pressing force, contact breaking velocity, contact material and contact mass. Contact bouncing phenomenon can be prevented or limited by applying heavy pressure force, decreasing of contact breaking velocity and also by partial kinetic dispersion of movable contact and contact surface shaping too.

