

Piotr Kisielewski, Maciej Gwoździewicz
Instytut Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, Politechnika Wroclawska, Wrocław

WYŁĄCZNIKI INSTALACYJNE AC W INSTALACJACH PRĄDU STAŁEGO

MINIATURE AC CIRCUIT BREAKERS IN DC INSTALLATIONS

Streszczenie: Artykuł zawiera wyniki badań eksperymentalnych odporności zwarciowej wyłączników instalacyjnych AC różnych producentów w instalacjach prądu stałego. Dla porównania zbadano również bezpieczniki topikowe cylindryczne.

Abstract: The paper deals with results of experimental investigation of short-circuit capacity of miniature AC circuit breakers in DC installations. Fuses were taken into account also.

Słowa kluczowe: wyłączniki instalacyjne, prąd stały, łuk elektryczny
Keywords: miniature circuit breaker, DC current, electrical arc

1. Wstęp

Wyłączniki instalacyjne są przeznaczone do zabezpieczenia instalacji elektrycznych *nn* przed przeciążeniami i zwarciami. Stanowią one podstawowe zabezpieczenie w instalacjach domowych o napięciu 230/400 V prądu przemiennego. Ich prąd wyłączalny I_c na ogół wynosi 6 kA wg EN 60898, a prądy znamionowe $I_n \leq 63 A$. Wyłączniki instalacyjne są budowy modułowej o szerokości 17,5 mm o liczbach modułów 1–4. Są przeznaczone do montażu na szynie TH 35 mm. Wyłączniki instalacyjne mają charakterystyki B, C oraz D. Również ważnym parametrem wyłączników instalacyjnych jest ich klasa ograniczenia energii zwarcia. Zdecydowana większość wyłączników na polskim rynku ma klasę ograniczenia energii zwarcia 3, czyli najwyższą. Zapewnia ona bezpieczeństwo użytkownika w trakcie załączania wyłącznika na zwarcie.

Wyłączniki instalacyjne posiadają dwa człony: człon zwarciowy i człon przeciążeniowy. Człon zwarciowy zawiera cewkę, która w wyniku przepływu prądu o określonej wartości szczytowej i_p powoduje wybijanie iglicy uruchamiającej zamek wyłącznika i rozłączenie jego styków. Człon przeciążeniowy tworzy termobimetal, który pod wpływem przepływu prądu I przez określony czas T wygina się uruchamiając zamek wyłącznika i również rozłącza styki wyłącznika.

Najpopularniejszymi wyłącznikami instalacyjnymi na rynku polskim są wyłączniki B10 oraz B16 do zabezpieczenia obwodów oświetleniowych i gniazdowych. W Europie zachodniej

zdecydowane popularniejszymi wyłącznikami są wyłączniki o charakterystyce C.

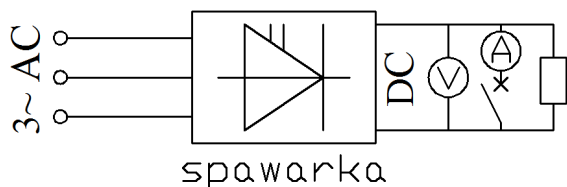
Do obwodów prądu stałego producenci aparatów elektrycznych mają również w ofercie wyłączniki instalacyjne DC przeznaczone do tych obwodów, jednak ich cena jest znacząco większa od ceny wyłączników instalacyjnych AC (różnica nawet 10-krotna).

Producenci wyłączników instalacyjnych podają w swoich katalogach możliwość zastosowania wyłączników instalacyjnych AC w instalacjach prądu stałego. Producenci określają różne napięcia znamionowe i maksymalne prądy zwarciowe dla wyłączników o tych samych charakterystykach i prądach znamionowych. W trakcie wizyty jednego ze współautorów artykułu w fabryce aparatów elektrycznych na terenie Polski producent zadeklarował dla wyłączników instalacyjnych swojej produkcji napięcie znamionowe w instalacji prądu stałego $U_n=80 V/moduł$, co znacząco przekracza wartości podane w katalogach. Zainspirowało to autorów artykułu do przeprowadzenia badań eksperymentalnych odporności zwarciowej wyłączników instalacyjnych AC przy zasilaniu ich prądem stałym. W literaturze istnieją prace związane z zagadnieniami pracy wyłączników instalacyjnych w czasie zwarcia w obwodach prądu przemiennego [1÷4].

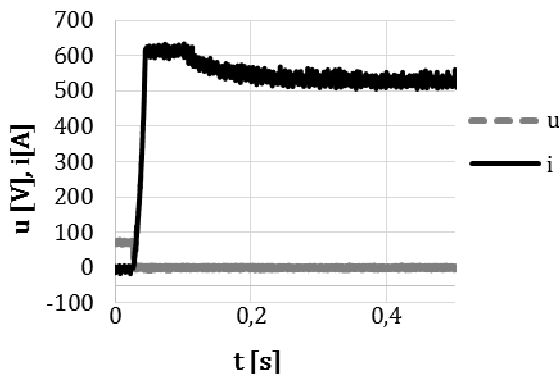
2. Źródło napięcia stałego

Do badań odporności zwarciowej wyłączników instalacyjnych AC przy zasilaniu ich napięciem stałym użyto spawarki inwertorowej o napięciu

w stanie jałowym $U_0=75 V$ i prądzie znamionowym $I_n=500 A$. W trakcie badań mierzono prąd zwarciový przepływający przez zwierający wyłącznik oraz spadek napięcia na wyłączniku. Wyłącznik zbocznikowano rezystorem $R \approx 1 \Omega$ w celu wstępnego obciążenia prądowego spawarki. Dzięki temu napięcie na wyłączniku w stanie otwartym wynosiło $U \approx 55 V$, a stromość prądu zwarciového w momencie zamknięcia wyłącznika $\frac{di_k}{dt}$ była zdecydowanie większa niż w przypadku zwierania zacisków spawarki bez bocznika. Bocznikowanie rezystorem powoduje, iż przed zwarcie m jest zapewnione jest wstępne obciążenie źródła prądowego. W takim przypadku nie uruchamia się automatyczny układ do zajarzania łuku, który w tym przypadku działa niekorzystnie znacznie łagodząc stromość narastania prądu. Schemat pomiarowy pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat obwodu pomiarowego

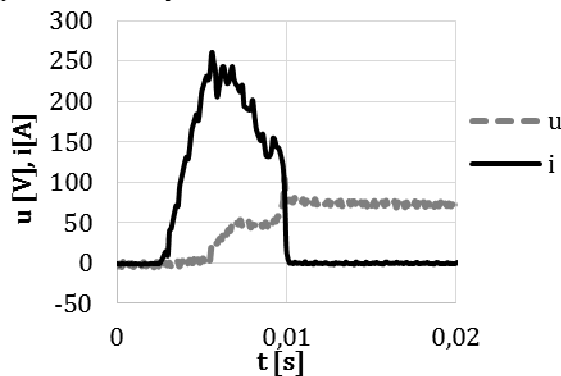


Rys. 2. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia spawarki

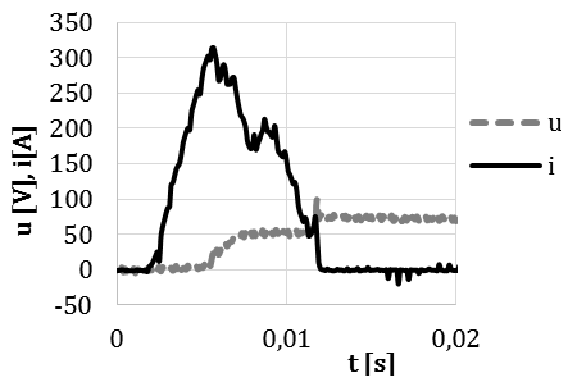
Na rysunku 2 przedstawiono przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia zacisków spawarki bez wyłącznika w gałęzi zwierającej i rezystora bocznikującego. W momencie zwarcia następuje stromy wzrost prądu aż do osiągnięcia wartości maksymalnej $I_{max} \approx 620 A$, po czym wartość prądu ustala się na poziomie $I \approx 520 A$. Taki kształt prądu zwarciového spawarki zapobiega „klejeniu się” elektrody w trakcie zajarzania łuku, co bardzo ułatwia spawanie.

3. Wyniki pomiarów

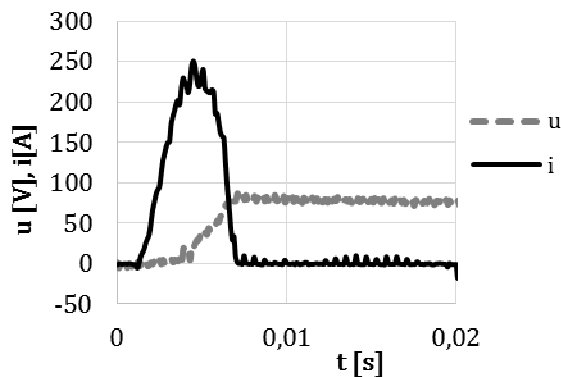
Zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1 wykonano szereg prób zwarciových z wyłącznikami instalacyjnymi AC zasilanych prądem stałym. Przykładowe przebiegi prądów i napięć w trakcie zwarcia przedstawiono na rysunkach 3÷9. Skutki wielokrotnych zwarcia pokazano na rysunkach 10÷12.



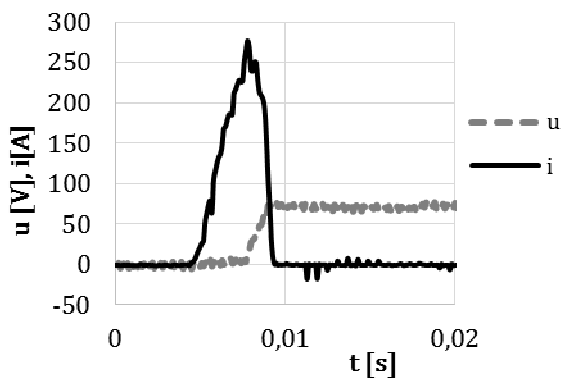
Rys. 3. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w wyłączniku producenta A o charakterystyce B10



Rys. 4. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w wyłączniku producenta A o charakterystyce B16



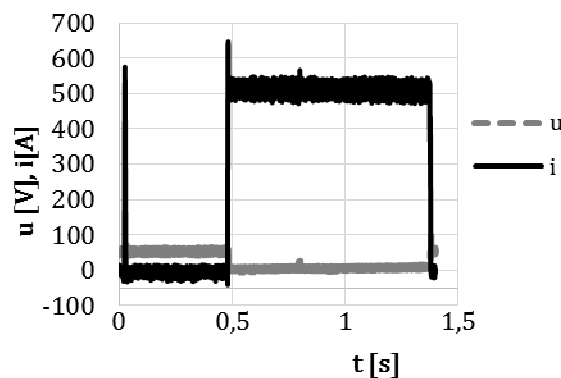
Rys. 5. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w wyłączniku producenta B o charakterystyce B10



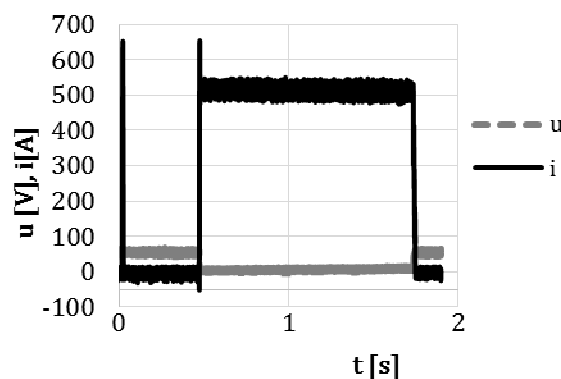
Rys. 6. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w wyłączniku producenta C o charakterystyce B10

Wartość szczytowa prądu zwarciovego i_p jest większa dla wyłączników o większym prądzie znamionowym I_n (rys. 4÷6). Czas wyłączenia zwarcia $t_{wył}$ dla wyłączników o większym prądzie znamionowym jest większy. W trakcie badań żaden z wyłączników o charakterystyce B10 lub B16 nie uległ zniszczeniu.

Na rysunkach 7 i 8 pokazano przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia na wyłącznikach C25 producenta D i C32 producenta E. Czas trwania zwarcia $t_{zw} \approx 1 s$. Wartość prądu i napięcia w czasie zwarcia jest stała aż do chwili zadziałania termobimetalu. Skutki pojawienia się łuku na termobimetalu wyłącznika pokazano na rysunkach 10 i 11, na których widać wyraźną przerwę w tym członie wyłącznika, co oznacza jego całkowite zniszczenie.

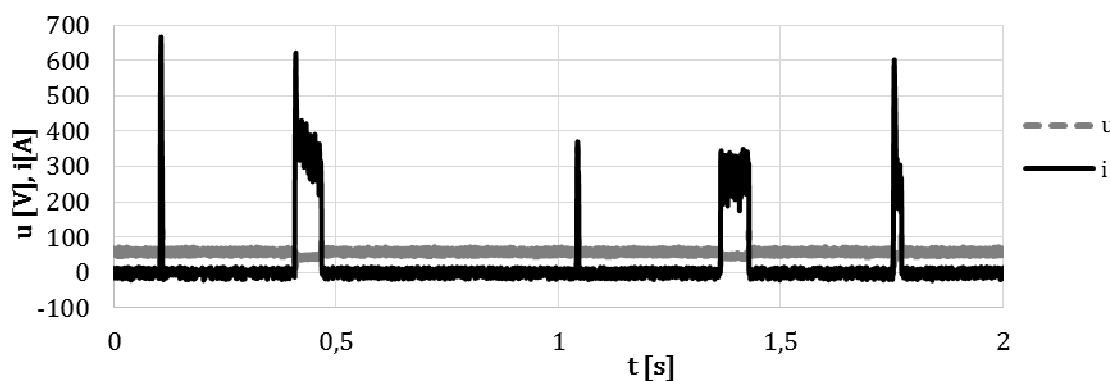


Rys. 7. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w wyłączniku producenta D o charakterystyce C25



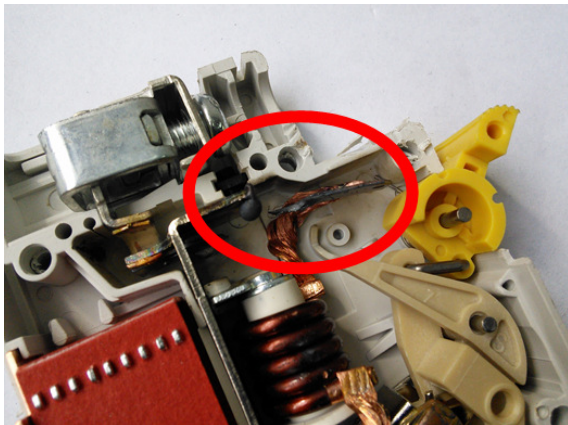
Rys. 8. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w wyłączniku producenta E o charakterystyce C32

Na rysunku 9 widać wydłużone okresy wyłączenia prądu zwarciovego z powodu palenia się łuku między stykami wyłącznika producenta A o charakterystyce C40. Z powodu wyższej wartości prądu znamionowego wyłącznika i charakterystyki C wartość szczytowa prądu zwarciovego $i_p > 600 A$. Łuk elektryczny nie pali się jednak za każdym razem.

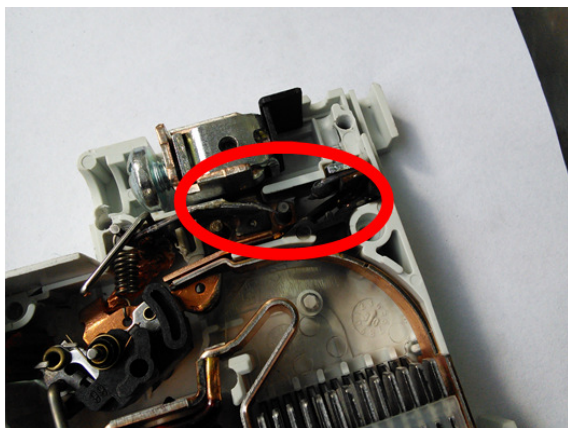


Rys. 9. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w wyłączniku producenta A o charakterystyce C40

Po wielokrotnych zwarciach na tym wyłączniku nastąpiło jego zużycie - styki przepaliły się uniemożliwiając przepływ prądu przez wyłącznik. Przepalony styki wyłącznika pokazano na rysunku 12. Jest to naturalne zużycie wyłącznika. Na rysunkach 13–15 pokazano przebiegi prądu i napięcia w trakcie zwarcia przez bezpieczniki cylindryczne CH 10x38 o różnych prądach znamionowych i charakterystykach.



Rys. 10. Przepalenie termobimetalu. Wyłącznik C25 producenta D



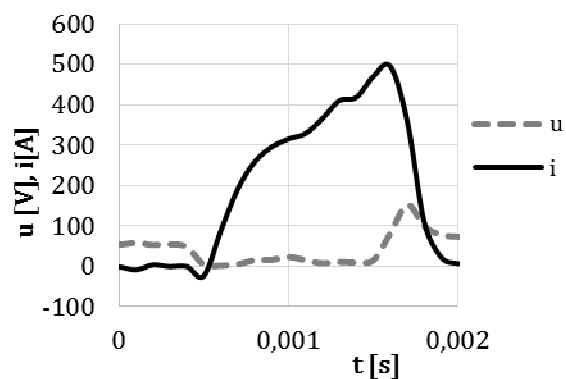
Rys. 11. Przepalenie termobimetalu. Wyłącznik C32 producenta E

Z rysunków wynika, że czas zgaszenia łuku jest o wiele krótszy niż w przypadku wyłączników instalacyjnych AC. Dla wkładki gG 8A czas wyłączenia $t_{wyl} \approx 1,5$ ms, a dla wkładki aR 20A $t_{wyl} \approx 0,5$ ms. Pomimo większej wartości prądu znamionowego czas wyłączenia wkładki przystosowanej do zabezpieczenia urządzeń energoelektronicznych aR jest znacznie mniejszy, co w znaczący sposób ogranicza energię zwarcia. W przypadku bezpiecznika gG 32A widać wyraźnie wpływ palenia się łuku, czego skutkiem jest przepływ prądu o wartości bliskiej wartości znamionowej spawarki $I \approx 500$ A oraz znacznie

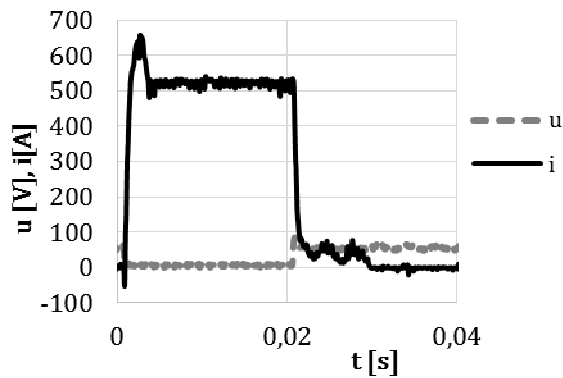
dłuższy czas wyłączenia $t_{wyl} \approx 20$ ms. Czas ten jest jednak znacznie krótszy niż w przypadku wyłącznika o charakterystyce C32, dla którego $t_{wyl} > 1000$ ms.



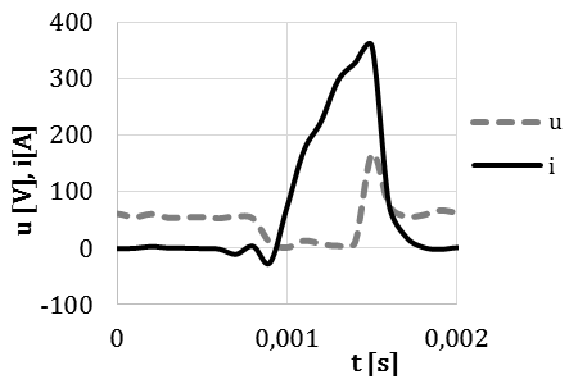
Rys. 12. Upalenie styków. Wyłącznik C40 producenta A



Rys. 13. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w bezpieczniku cylindrycznym 8A gG



Rys. 14. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w bezpieczniku cylindrycznym 32A gG



Rys. 15. Przebieg napięcia i prądu w trakcie zwarcia w bezpieczniku cylindrycznym 20A aR

4. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że wyłączniki instalacyjne AC w niektórych przypadkach mogą być zastosowane w instalacjach prądu stałego. Ograniczeniem ich stosowalności są wartość prądu wyłączającego I_{wyl} powodującego uruchomienie członu zwarciovego wyłącznika oraz jakość wykonania wyłącznika. Wyłącznik C25 producenta D, który był najtańszy spośród wszystkich producentów, uległ uszkodzeniu już przy drugim zwarceniu, podczas gdy wyłączniki innych producentów uległy uszkodzeniu bądź zużyciu po kilkudziesięciu zwarceniach lub wogóle nie uległy uszkodzeniu.

Bezpieczniki, mimo swej prostoty, stanowią bardzo dobre rozwiązanie w ochronie przeciwzwarciovowej w instalacjach prądu stałego. Ich czasy wyłączenia zwarcia w porównaniu do czasów wyłączenia zwarcia przez wyłączniki instalacyjne są o wiele krótsze, co w znaczący sposób wpływa na ograniczenie energii zwarcia.

5. Literatura

- [1]. Roybal D.D.: Circuit breaker interrupting capacity and short-time current ratings, IEEE Conference Record of Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference 01/2004; ISBN: 0-7803-8282-X In proceeding of: Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2004. Conference Record of the 2004 Annual.
- [2]. Kimblin, C.W.; Long, R.W; Low-voltage power circuit breakers and molded case circuit breakers-a comparison of test requirements Commercial Power Systems . Industrial & Technical Conference, 1999 IEEE., 1999.
- [3]. Kimblin, C.W.; Long, R.W. Comparing test requirements for low-voltage circuit breakers Industry Applications Magazine, IEEE, 2000.
- [4]. Stammberger, H.; Pursch, H.; Zacharias, A.; Terhoeven, P. Electrical Contacts, Simulation of the temporal behavior of circuit breakers and motor starters. Proceedings of the 50th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts and the 22nd International Conference on Electrical Contacts, 2004.

Autorzy

dr inż. Piotr Kisielewski

e-mail: piotr.kisielewski@pwr.edu.pl

mgr inż. Maciej Gwoździewicz

e-mail: maciej.gwozdziewicz@pwr.edu.pl