

Andrzej Kidawa

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Jagoda Głaz

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Stanowisko pomiarowe do wyznaczania różnicowego prądu wyłączania wyłączników różnicowo-prądowych typu AC

Komunikat

W komunikacie przedstawiono opis budowy i wyniki testów stanowiska pomiarowego wykonanego w ramach pracy inżynierskiej [1] pt.: „Budowa stanowiska pomiarowego do badania wyłączników różnicowo-prądowych”.

Wyłącznik różnicowo-prądowy (RCD – Residual Current Device) jest obecnie podstawowym urządzeniem zapewniającym bezpieczne użytkowanie elektrycznych sieci odbiorczych (do 1 kV) w obiektach budowlanych. Zgodnie z zaleceniami wieloarkuszowej normy PN-IEC 60364 wszystkie nowo oddawane do użytku instalacje elektryczne w obiektach budowlanych powinny być zabezpieczone wyłącznikami różnicowo-prądowymi o różnicowym prądzie wyłączania nie większym niż 30mA.

Jak wiadomo natężenie prądu sieciowego (50Hz, 60Hz) o wartości 30mA jest uznawane za granicę natężenia bezpiecznego, powyżej której porażenie elektryczne wywołuje u człowieka fibrylacje komór serca i w efekcie przy braku natychmiastowej fachowej pomocy pewną śmierć.

Norma PN-IEC 60364 nakłada obowiązek zabezpieczenia takim wyłącznikiem w szczególności: obwodów elektrycznych (zwłaszcza gniazdek odbiorczych) w łazienkach, umywalniach, w rolniczych obiektach gospodarczych – zwłaszcza w pomieszczeniach przeznaczonych dla zwierząt, na kempingach, na placach budowy, w instalacjach oświetlenia zewnętrznego.

Wyłącznik różnicowo-prądowy (RCD) wykorzystywany jest zarówno do ochrony przed dotykiem bezpośrednim (jako zabezpieczenie dodatkowe, wspomagające jeden z czterech pozostałych sposobów zabezpieczenia) jak i do ochrony przed dotykiem pośrednim w układach automatycznego wyłączania zasilania w sieciach TN-C, TN-C-S, TT i IT.

Zasada działania wyłącznika typu AC (przeznaczonego do wykrywania prądów różnicowych w obwodach prądu przemiennego bez składowych stałych) oparta jest na zjawisku indukcji elektromagnetycznej. Wiadomo, że wokół każdego przewodnika, w którym płynie prąd elektryczny, wytwarza się wirowe pole magnetyczne, którego linie sił tworzą w płaszczyźnie przekroju prostopadłej do przewodnika zamknięte okręgi współśrodkowe z przewodem. Łatwo zobrazować to pole dla prądu stałego rozsypując opiłki ferromagnetyka (np.: żelaza) na kartkę papieru przebitą prostopadle przewodem, przez który płynie prąd stały. Opiłki ułożą się w postaci współśrodkowych okręgów, przez których środek przebiega przewód, ujawniając tym samym przebieg linii sił pola

magnetostaticznego w płaszczyźnie przekroju. (Doświadczenie takie pokazywane jest często na lekcjach fizyki w gimnazjum). W przypadku przepływu przez przewód prądu przemiennego wokół przewodu powstaje zmienne pole magnetyczne, które można wykryć, stosując np. cęgowy miernik natężenia prądu. Cęgi miernika to rdzeń transformatora pomiarowego. Badany przewód objęty cęgami pomiarowymi staje się uzwojeniem pierwotnym tego transformatora, a uzwojenie wtórne to cewka ustroju pomiarowego miernika. Łatwo można się przekonać, że obejmując cęgami pomiarowymi jeden przewód obwodu prądu przemiennego - dowolny; L lub N - możemy (dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej, która jest podstawą działania transformatora) zmierzyć natężenie prądu przemiennego płynącego w tym przewodzie. Jednakże próba wykrycia amperomierzem cęgowym pola magnetycznego wokół przewodu zasilającego zawierającego jednocześnie przewód fazowy i neutralny kończy się niepowodzeniem. W takim przypadku natężenie prądu w cewce pomiarowej miernika jest równe zero. Wynika to stąd, że w każdej chwili kierunek prądu w przewodzie fazowym jest przeciwny do kierunku prądu w przewodzie neutralnym (prąd „zawraca” na odbiorniku), a wartości natężeń tych prądów są jednakowe, a zatem wytwarzane przez nie pola magnetyczne są identyczne co do wartości, lecz przeciwnie skierowane i kompensują się wzajemnie.

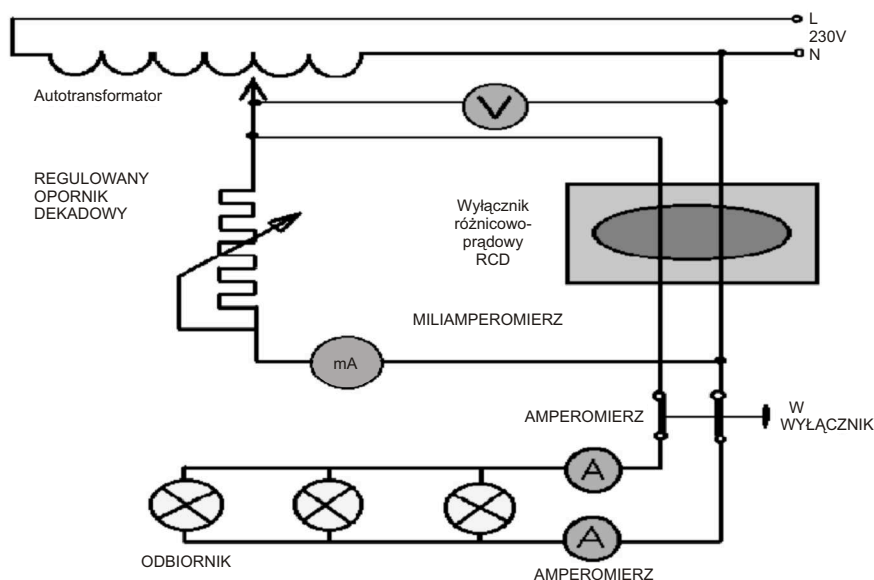
W przypadku, gdyby natężenia tych prądów różniły się, to nie skompensowana różnica natężeń stałaby się znowu wykrywalna, tak jak prąd płynący tylko w jednym przewodzie. Fakt ten wykorzystano konstruując wyłącznik różnicowo-prądowy.

Podstawową częścią składową takiego wyłącznika jest tzw. przekładnik Ferrantiego, tj. po prostu rdzeń transformatora. Uzwojeniem pierwotnym jest jednokrotnie przewinięty przez ten rdzeń przewód L i N zasilający dane urządzenie (w przypadku zasilania trójfazowego są to wszystkie przewody fazowe L1, L2 i L3 oraz przewód neutralny N, których chwilowe wartości natężenia prądu w bezupływowym obwodzie zamkniętym sumują się geometrycznie). Uzwojeniem wtórnym jest cewka pomiarowa wyłącznika, która z chwilą uzyskania odpowiedniego napięcia wytwarza pole magnetyczne zdolne do przyciągnięcia napiętej mechanicznie zwory i spowodowania tym samym rozłączenia zwory i przerwania przepływu prądu przez wyłącznik. Jeśli w przewodach fazowym i neutralnym popłyną prądy różniące się natężeniem o więcej niż natężenie zdolne do wydukowania w uzwojeniu wtórnym przekładnika SEM (siły elektromotorycznej) zdolnej do przyciągnięcia zwory, to wyłącznik zadziała. Technicznie jest możliwe wytwarzanie wyłączników różnicowo-prądowych reagujących już na różnice natężeń w przewodach począwszy od 10mA. Zatem jeśli na odbiorniku lub przewodach za wyłącznikiem RCD nastąpi uszkodzenie izolacji i upływność prądowa do obudowy (części przewodzącej dostępnej) lub jeśli ktoś nieopatrznie dotknie jedną ręką części czynnej (przewodu pod napięciem) urządzenia elektrycznego, powodując tym samym upływność prądu przez własne ciało do ziemi, to już na poziomie natężenia prądu upływnościowego 10mA odpowiedni wyłącznik RCD jest w stanie wyłączyć zasilanie, a tym samym zapobiec przepływowi większego natężenia prądu, którego skutki mogłyby być tragiczne.

Na potrzeby laboratorium „Elektrotechniki i zagrożeń elektrycznych w środowisku pracy” w WSZOP zostało opracowane proste stanowisko pomiarowe umożliwiające pomiary różnicowego prądu wyłączania wyłącznika w funkcji napięcia zasilania oraz w funkcji mocy obciążenia.

Schemat stanowiska pokazany jest na rys. 1. W skład stanowiska wchodzi: autotransformator, opornica dekadowa, miliamperomierz, dwa amperomierze, woltomierz, dwa wyłączniki różnicowo-prądowe typu AC o różnicowych prądach wyłączenia 10mA i 30mA oraz obciążenie w postaci zestawu żarówek.

W celu bezpiecznego przeprowadzenia badań układ pomiarowy zasilany jest napięciem obniżonym do poziomu granicznego napięcia bezpiecznego (50V). Pomiarów można przeprowadzać stosując napięcia zasilania nie przekraczające poziomu napięcia bezpiecznego, np.: 30V, 35V, 40V, 45V, 50V. Nie stwarza to bezpośredniego zagrożenia dla obsługujących ćwiczenie. Na rys.2 przedstawiono zdjęcie stanowiska pomiarowego.



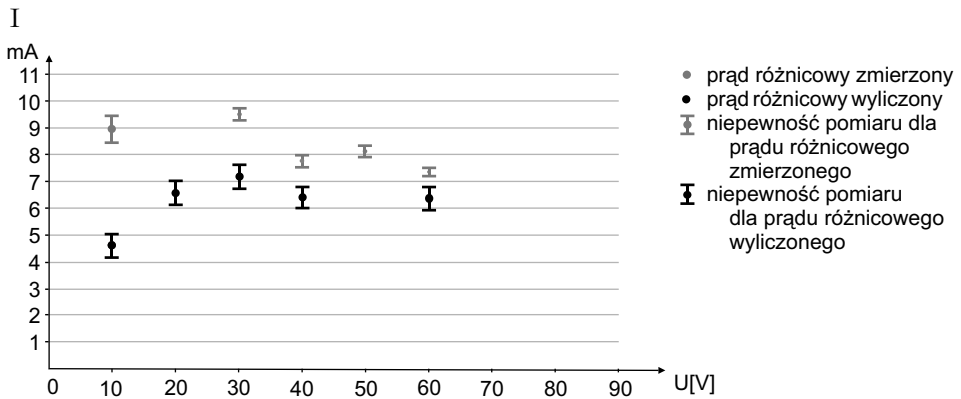
Rys. 1: Schemat stanowiska pomiarowego [2]

Stanowisko pomiarowe zostało przetestowane w zakresie napięć zasilania od 10V do 70V dla wyłącznika RCD 30mA i w zakresie napięć od 10V do 60V dla wyłącznika RCD 10mA. Wyniki pomiarów i obliczeń natężenia różnicowego prądu wyłączenia przedstawiono odpowiednio dla wyłącznika RCD 10mA na rys.3, a dla wyłącznika RCD 30mA na rys.4.

Jak wykazały przeprowadzone pomiary, wartości natężeń różnicowych prądów wyłączenia dla obydwu wyłączników były całkowicie niezależne od zastosowanego obciążenia (pomiary prowadzono z obciążeniami 60W, 120W, 180W oraz bez obciążenia). Natomiast zmiana napięcia zasilania miała pewien wpływ na wyniki, co widać na przedstawionych wykresach. Zakres zmian różnicowego prądu wyłączenia w funkcji napięcia zasilania nie wykroczył jednak poza przewidziane dla wyłączników granice zadziałania, tj. przedział od 0,5 do 1,0 I (gdzie – I – podawana przez producenta wartość nominalna natężenia różnicowego prądu zadziałania).

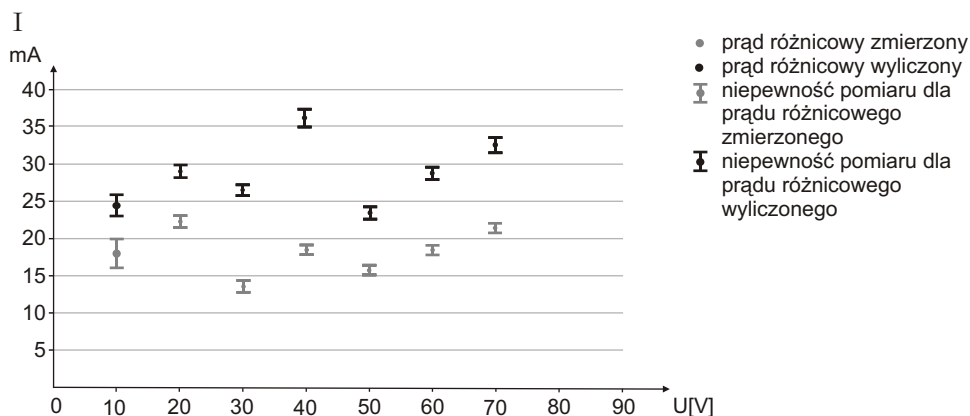


Rys. 2: Zdjęcie stanowiska pomiarowego [1]



Rys. 3. Wyniki pomiarów i obliczeń natężenia różnicowego prądu wyłączenia dla RCD 10mA [1]

Doświadczalne wyznaczenie różnicowego prądu zadziałania wyłącznika polegało na zmierzeniu ostatniej wskazywanej przez miliamperomierz wartości przed wyłączeniem w trakcie zmniejszania oporności połączonej szeregowo z miliamperomierzem opornicy dekadowej. W celu uzyskania wyniku maksymalnie zbliżonego do wartości różnicowego prądu wyłączenia moment wyłączenia osiągany był poprzez kolejne przybliżanie się do wartości oporności wyłączającej drogą wyłączania oporności na dekadach coraz mniejszych wartościach oporności. Po osiągnięciu wyłączenia określano natężenie prądu różnicowego, który nie może już przepływać przez wyłącznik, dzieląc wartość napięcia zasilania przez wartość oporności, która spowodowała wyłączenie. W ten sposób, dokonując pomiaru mikroamperomierzem, można określić maksymalne natężenie prądu różnicowego, które jeszcze może przepływać przez wyłącznik RCD, a po osiągnięciu wyłączenia można obliczyć natężenie prądu różnicowego, który już nie może przepływać przez ten wyłącznik. Te dwie wartości – zmierzona i obliczona stanowią odpowiednio dolną (zmierzona) i górną (wyliczona) granicę przedziału zadziałania wyłącznika.



Rys. 4: Wyniki pomiarów i obliczeń natężenia różnicowego prądu wyłączenia dla RCD 30mA [1]

Wyniki pomiarów dokonanych miliamperomierzem cyfrowym uzupełniono obliczeniami niepewności pomiarowych wynikających z klasy zastosowanego miernika, a niepewności pomiarowe wartości wyliczonych teoretycznie zostały wyznaczone metodą różniczki zupełnej w oparciu o klasę zastosowanego woltomierza i klasę dekady oporowej[1].

Wyniki obliczeń niepewności pomiarowych naniesiono na wykresy.

Opisane wyżej stanowisko pozwala na bezpieczne zapoznanie się studentów ze sposobem podłączenia do sieci odbiorczej i zasadą działania podstawowego urządzenia ochronnego, jakim jest wyłącznik RCD.

LITERATURA

- [1] J. Głaz – Praca inżynierska *Budowa stanowiska pomiarowego do badania wyłączników różnicowo-prądowych*, Wydawnictwo WSZOP, Katowice 2007 r.
- [2] A. Kidawa – *Zagrożenia elektryczne w środowisku pracy*, Wydawnictwo WSZOP, Katowice 2007 r.