



Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Katedra Urządzeń Elektrycznych i TWN
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38A
www.kueitwn.pollub.pl

Laboratorium Aparatury Łączeniowej

Ćwiczenie nr 1

Wyznaczanie charakterystyk czasowo-prądowych wyłączników niskiego napięcia

Lublin 2018

I. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się pojęciem wyłącznika niskiego napięcia, jego rodzajów, parametrów, zasady działania, budowy, cech charakterystycznych oraz wyznaczenie charakterystyki czasowo-prądowej wyłącznika kompaktowego NZMN2-VE160.

II. Zawartość instrukcji

1. Wstęp teoretyczny
2. Opis stanowiska laboratoryjnego
3. Wykonanie ćwiczenia

1. Wstęp teoretyczny

Wyłączniki niskiego napięcia zawierają się w grupie łączników samoczynnych, ich funkcją jest zasilanie i zabezpieczania instalacji niskiego napięcia przed skutkami przeciążeń i zwarć. Przez większość czasu pracy wyłącznik pozostaje w pozycji zamkniętej, utrzymywany w takim położeniu przez zamek. Zwolnienie zapadki zamka powoduje jego otwarcie i jest realizowane przy pomocy wyzwalaczy lub przekaźników[4]. Ze względu na różnorodność charakterystyki oraz obciążenia prądowego zabezpieczanych obwodów rozróżnia się kilka rodzajów wyłączników, są nimi m.in:

- **Wyłączniki instalacyjne** o prądach znamionowych od 6 do 63A i prądach wyłączalnych od 3-10kA. Służą one do zabezpieczania głównie instalacji domowych oraz innych obwodów o niskim obciążeniu prądowym. Występować mogą w wersji 1, 2 i 3-biegunowej. Wyłączniki instalacyjne mogą posiadać charakterystyki czasowo-prądowe typu B, C i D w zależności od właściwości zabezpieczanego obwodu. Stosunek prądu I_{nz} , który może spowodować zadziałanie wyzwalacza zwarciovego do prądu znamionowego wyłącznika wynosi[4]:
 - 3÷5 w wyłącznikach o charakterystyce typu B;
 - 5÷10 w wyłącznikach o charakterystyce typu C;
 - 10÷20 w wyłącznikach o charakterystyce typu D.

- **Wyłączniki sieciowe** budowane są przeważnie w formie wyłączników kompaktowych w izolacyjnej obudowie z tworzywa sztucznego. Stosuje się je do ochrony m.in. obwodów dystrybucyjnych, generatorów, silników oraz transformatorów. Cechują się małymi rozmiarami oraz prądami znamionowymi do 1600A. Ich funkcją jest łączenie i zabezpieczanie sieci rozdzielczych oraz urządzeń elektroenergetycznych stacjonarnych m.in w energetyce przemysłowej[2]. Wyłączniki sieciowe występują w wersji 3 i 4-biegunowej oraz co najmniej kilku wielkościach kompaktowych w zależności od prądu znamionowego. Posiadają również możliwość rozszerzania swojej funkcjonalności dzięki wyposażeniu dodatkowemu.
- **Wyłączniki stacyjne** cechują się dużymi wartościami prądów znamionowych ciągłych od kilkuset do 6300A, a prądy wyłączalne przekraczają 100kA. Łączniki takie wykorzystuje się do zabezpieczania dużych transformatorów, linii, maszyn i innych obwodów o bardzo dużych prądach roboczych i spodziewanych dużych prądach zwarciovych.

Wyłączniki stacyjne wyposażone są w nastawialne przekaźniki przeciążeniowe, zwarciove, napięciowe, różnicowo prądowe i inne, gwarantujące dużą niezawodność zasilania.

Każde urządzenie elektryczne powinno być scharakteryzowane za pomocą parametrów technicznych. Dla wyłączników niskiego napięcia parametry te zostały zebrane i zawarte w polskiej normie PN-EN 60947. Poza parametrami norma określa wymagania stawiane wyłącznikom do których powinni stosować się producenci, a także kryteria doboru wyłączników. Parametrami charakteryzującymi wyłączniki niskiego napięcia są [5]:

- Prąd znamionowy I_n
- Prąd znamionowy ciągły I_u
- Znamionowe napięcie łączeniowe U_e
- Prąd znamionowy łączeniowy (moc znamionowa łączeniowa) I_e
- Znamionowe napięcie izolacji U_i
- Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane U_{imp}
- Prąd cieplny umowny aparatu elektrycznego w otwartej przestrzeni I_{th}
- Prąd cieplny umowny aparatu elektrycznego w obudowie I_{the}
- Częstotliwość znamionowa f

- Prąd znamionowy załączalny zwarcioowy; zdolność znamionowa załączania zwarciowa I_{cm}
- Prąd wyłączalny (lub załączany) zwarcioowy; zdolność wyłączania (lub załączania) zwarciowa
- Prądy znamionowe wyłączalne zwarcioowe, zdolność znamionowa wyłączania zwarciowa
- Prąd wyłączalny zwarcioowy graniczny, zdolność wyłączania zwarciowa graniczna
- Prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy graniczny; zdolność znamionowa wyłączania zwarciowa graniczna I_{cu}
- Prąd wyłączalny zwarcioowy eksploatacyjny; zdolność wyłączania zwarciowa eksploatacyjna
- Prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy eksploatacyjny; zdolność znamionowa wyłączania zwarciowa eksploatacyjna I_{cs}
- Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany I_{cw}
- Kategorie użytkowania
- Charakterystyka I^2t wyłącznika

Kryteria doboru wyłączników niskiego napięcia

Dobierając aparaturę łączeniową należy zwrócić uwagę na wielkości fizyczne jakimi charakteryzuje się dane urządzenie w celu dopasowania go do pracy w danym miejscu systemu energetycznego.

W pierwszej kolejności powinna zostać określona funkcja jaką wyłącznik będzie pełnił w systemie, do dyspozycji są funkcje takie jak: ochrona instalacji i kabli, ochrona generatorów, ochrona silników i ochrona selektywna.

Kolejnym kryterium jest prąd znamionowy (w przypadku wyłączników jest on równy prądowi znamionowemu ciągłemu oraz prądowi cieplnemu umownemu wyłącznika w otwartej przestrzeni). Jego wartość powinna być co najmniej równa największej wartości prądu znamionowego łączeniowego łącznika bez obudowy w pracy ośmiogodzinnej [3].

W zależności od rodzaju sieci dobierana jest liczba biegunów wyłącznika, istotnym parametrem technicznym przy doborze wyłącznika jest także częstotliwość znamionowa napięcia, która musi być zgodna z częstotliwością systemu.

Ważne jest dostosowanie wyłączników pod względem wartości prądów znamionowych wyłączalnych i załączalnych zwarcioowych. W przypadku prądu przemiennego, prąd znamionowy załączalny zwarcioowy wyłącznika powinien być większy

bądź równy jego prądowi znamionowemu wyłączalnemu zwarciovemu granicznemu pomnożonemu przez współczynnik n . Dla prądu stałego, prąd znamionowy załączalny zwarciovu wyłącznika powinien być równy bądź większy niż jego prąd znamionowy wyłączalny graniczny[3].

Kolejnymi istotnymi przy doborze parametrami jest prąd znamionowy wyłączalny zwarciovu eksploatacyjny oraz prąd znamionowy wyłączalny zwarciovu graniczny. W przypadku, gdy prąd znamionowy wyłączalny zwarciovu eksploatacyjny jest równy prądowi znamionowemu krótkotrwałemu wytrzymawanemu, zwarciova znamionova eksploatacyjna zdolność wyłączenia może być określona wartością tego prądu, zapisaną w kiloamperach, pod warunkiem, że nie jest ona większa niż stosowana wartość minimalna. Jeśli prąd znamionowy wyłączalny graniczny ma wartość większą niż 200 kA dla kategorii użytkowania A lub większą niż 100 kA dla kat. użytkowania B, producent zobowiązany jest podać wartość prądu znamionowego wyłączalnego eksploatacyjnego równą 50 kA.

Następnym parametrem jest prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymawany, jego wartość jest równa prądowi krótkotrwałemu wytrzymawanemu. Przy prądzie przemiennym wartość tego prądu jest równa wartości skutecznej składowej okresowej prądu spodziewanego zwarciovego, zakładając, że nie zmienia się ona podczas krótkotrwałej zwłoki. Czas zwłoki powinien być równy najmniej 0,05 s.

Kolejnym krokiem jest wybór kategorii użytkowania, jest nią zespół określonych wymagań dotyczących warunków w których łącznik lub bezpiecznik może spełniać swoje zadanie, wybranych jako reprezentatywne dla zastosowań praktycznych[4]. Kategoria użytkowania wyłączników daje nam informacje o tym czy wyłącznik jest przeznaczony do wybiórczego działania w warunkach zwarciovych względem innych szeregowo połączonych wyłączników. W przypadku wyłączników występują dwie kategorie użytkowania:

- Kategoria A, która nie musi wytrzymać prądu znamionowego krótkotrwałego;
- Kategoria B, która musi wytrzymać prąd znamionowy krótkotrwały.

Wyłączniki dobiera się również ze względu na parametry określające wartości napięć, którymi są: znamionowe napięcie łączeniowe (które w wyłączniku wielobiegunowym jest równe napięciu międzyfazowemu), znamionowe napięcie udarowe wytrzymawane, znamionowe napięcie izolacji. Jeżeli wyłącznik nie ma określonego napięcia znamionowego izolacji, przyjmuje się że jest nim maksymalna wartość napięcia łączeniowego.

2. Opis stanowiska laboratoryjnego

Stanowisko laboratoryjne służy do badania kompaktowych wyłączników niskiego napięcia, oferuje nam ogromne możliwości monitoringu parametrów, zdalnego sterowania i diagnostyki zabezpieczenia, niesie to za sobą dość złożoną budowę. W jego skład wchodzi m.in.:

- Wyłącznik kompaktowy Eaton NZMN2-VE160, wyposażony w wyzwalacz elektroniczny ze złączem diagnostycznym, dodatkowy wyzwalacz wzrostowy oraz napęd zdalny NZM-XRD208-204AC;
- Moduł komunikacyjny NZM-XDMI612;
- Moduł rozszerzeń EASY 221-CO;
- Panel operatorski XV230-57CNN-1-10;
- Zasilacz Easy400-POW (24V do zasilania modułów, napędu i panelu operatorskiego);
- Rozłącznik trójfazowy Apator RA160;
- Wymuszalnik prądowy Wpu-4000.



Rys. 1. Elementy stanowiska laboratoryjnego

3. Wykonanie ćwiczenia

- 1) Zapoznać się ze stanowiskiem: rodzaj urządzeń, układ połączeń, poprawność połączeń, rodzaj i zakres regulacji nastaw;

Wymuszałnik należy przyłączyć do zewnętrznego gniazda sieciowego 400 V, 50 Hz z systemem zerowania. Ze względu na BHP należy w pierwszej kolejności podłączyć Wymuszałnik do układu badanego, a następnie do sieci zasilającej 400 V.

- 2) Badania należy przeprowadzić dla poniżej podanych nastaw poszczególnych członów:
 - a) przeciążeniowy: $I_r = 0.5 \times I_n$, $t_r = 4 \text{ s}$,
 - b) zwarciový krótkozwłoczny: $I_{sd} = 6 \times I_r$, $t_{sd} = 500 \text{ ms}$,
 - c) zwarciový bezzwłoczny: $I_i = 1200 \text{ A}$ – nastawa stała nieregulowana

lub według wytycznych Prowadzącego

- 3) Nastawy prądowe poszczególnych członów nastawić na za pomocą panelu operatorskiego wybierając w menu kolejno DMI-COM → NASTAWY, jest także możliwość wprowadzania nastaw z poziomu modułu DMI, w tym celu należy manualnie ustawić wszystkie pokrętki nastaw na pozycje maksymalne, a następnie regulować nastawy przyciskami znajdującymi się na panelu przednim modułu DMI
- 4) Za pomocą przycisku „ZAŁ/WYŁ” uruchamiamy wymuszałnik, włączenie wymuszałnika zasygnalizowane będzie świeceniem cyfr na wyświetlaczach oraz zapaleniem się diody R na wyświetlaczu NASTAWA
- 5) Wciskamy przycisk I1/U po czym zapala się dioda U/I (oznacza to, że nastawy będziemy dokonywać za pomocą ustawienia wartości napięcia zgodnie z własnością wymuszałnika $U=5 \times I$, czyli chcąc ustawić prąd o wartości np. 250A ustawiamy napięcie 50V)
- 6) Wciskamy przycisk NAS/REG (zapala się dioda N), a następnie A/R (zapala się dioda A)
- 7) Za pomocą strzałek ↓↑ wprowadzamy wartość napięcia zgodnie z opisem z pkt 5.
- 8) Zdalnie załączamy wyłącznik za pomocą panelu operatorskiego: DMI-COM → STAN WYŁĄCZNIKA → NZM ON (jeżeli status wyłącznika będzie oznaczony jako TRIP należy najpierw wcisnąć NZM OFF, a dopiero następnie NZM ON)
- 9) Wciskamy na wymuszałniku przycisk START/STOP i czekamy aż na lewym wyświetlaczu ustabilizuje się zadane przez nas napięcie, a następnie przerywamy generację wciskając ponownie przycisk START/STOP
- 10) Wciskamy NAS/REG (gaśnie dioda N) i A/R (gaśnie dioda A i zapala się dioda R)
- 11) Wciskamy przycisk I1/U

- 12) Zerujemy czasomierz zatrzymując go przyciskiem STOP pod wyświetlaczem czasomierza, a następnie wciskając dwukrotnie przycisk P (czasomierz powinien być ustawiony w tryb pracy P1)
- 13) Wciskamy przycisk START/STOP powodując przepływ prądu przez wyłącznik i czekamy na reakcję zabezpieczenia
- 14) Po wyzwoleniu wyłącznika należy spisać do tabeli pomiarowej wartość prądu oraz odpowiadający mu czas reakcji dla danej nastawy
- 15) Pomiarów wykonać dla następujących wartości prądów roboczych: 120-2000A (24-400V)

TABELA POMIAROWA:

NASTAWY: $I_r = \dots \times I_n, t_r = \dots \text{s},$ $I_{sd} = \dots \times I_r, t_{sd} = \dots \text{ms}$		
$U[\text{V}]$	$I[\text{A}]$	$t[\text{ms}]$
20		
24		
32		
48		
64		
80		
96		
98		
112		
128		
144		
150		
160		
170		
200		
220		
230		
240		
260		
280		
300		
320		
360		
400		

Jeżeli pozwoli na to czas, całość procedury należy powtórzyć dla innych nastaw wyzwalaczy wyłącznika, np.:

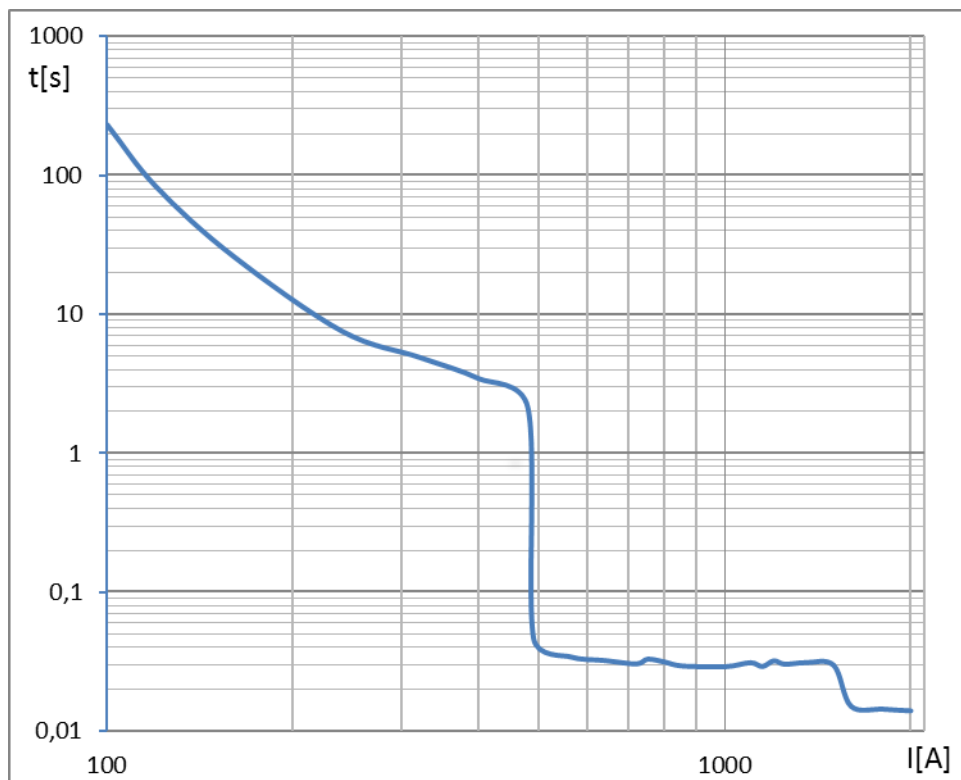
- a) przeciążeniowy: $I_r = 0,75 \times I_n$, $t_r = 10$ s,
- b) zwarciovym krótkozwłoczny: $I_{sd} = 6,5 \times I_r$, $t_{sd} = 300$ ms,
- c) zwarciovym bezzwłoczny: $I_t = 1200$ A – nastawa stała nieregulowana

Po zakończeniu pomiarów wyłączyć wymuszalnik przyciskiem „ZAL/WYL”.

Po wykonaniu ćwiczenia należy opracować sprawozdanie w którym należy zamieścić:

- wyniki pomiarów wraz z nastawami wyzwalaczy,
- charakterystyki czasowo–prądowe $t = f(I)$ w skali logarytmicznej wyznaczone na podstawie uzyskanych wyników pomiarów,
- wnioski z zebranych danych na temat wyzwalaczy, rodzaju pracy, zakresu wyzwoleń, czasów zadziałania.

Przykładowa ch-ka czasowo–prądowa uzyskana na podstawie wyników pomiarów:



Literatura

- [1] Kotek T.: *Poradnik inżyniera Elektryka*. Wydanie drugie częściowo zmienione, Warszawa, WNT, 2013
- [2] Markiewicz H.: *Urządzenia elektroenergetyczne*. PWN, Warszawa, 2016
- [3] Markiewicz H.: *Instalacje elektryczne*. Warszawa, PWN, 2015
- [4] Musiał E.: *Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne*. Warszawa, WSiP, 2008
- [5] PN-EN 60947-2:2008: „Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Wyłączniki”.