

## Zabezpieczenia w stacjach transformatorowych SN/nn

### Wprowadzenie

Rozdzielnice pierścieniowe średniego napięcia produkowane zwykle na napięcie 17,5/0,4 kV lub 24/0,4 kV, są usytuowane na terenie zakładów przemysłowych lub innych odbiorców, a także w pobliżu osiedli mieszkaniowych. Najczęściej są one budowane jako wolno stojące, np. kontenerowe w obudowie metalowej lub betonowej oraz małogabarytowe betonowe lub słupowe, zależnie od wymagań środowiska. Typowa rozdzielnica (rys. 1) składa się z transformatora T zasilanego z sieci pierścieniowej średniego napięcia (SN), zwykle poprzez zestaw rozłącznika z bezpiecznikami (1). Po wtórnej stronie transformatora znajduje się rozłącznik bezpiecznikowy (2) lub w istniejących wcześniej rozwiązaniach - sam odłącznik, z którego jest zasilana część niskonapięciowa (nn) rozdzielnicy 0,4 kV. W części niskonapięciowej są odejścia zabezpieczone bezpiecznikami o charakterystyce gG (dawniej oznaczonej gL), a w przypadku sieci wiejskich - bezpiecznikami gF o charakterystyce szybkiej. Od takich stacji wymaga się, oprócz niezawodności zasilania, również zapewnienia bezpieczeństwa ludzi (obsługi i osób postronnych) oraz zwierząt mogących się znaleźć w bezpośrednim otoczeniu. Rozdzielnice te powinny więc być dobrze zabezpieczone od skutków przeciążeń i zwarć wewnętrznych. Niedopuszczalna jest eksplozja transformatora, wyciek oleju lub (w razie zwarcia wewnątrz rozdzielnicy) rozerwanie się obudowy wskutek wzrostu ciśnienia.

### Zabezpieczenie transformatora.

Prawie dwudziestoletnie doświadczenia eksploatacyjne kilku krajów zachodnich, a zwłaszcza Niemiec, wskazują, że najtańszym i jednocześnie skutecznym zabezpieczeniem transformatorów o mocy znamionowej do 1000 kVA od skutków przeciążeń i zwarć są bezpieczniki topikowe. Po stronie średniego i niskiego napięcia stosuje się zwykle zestawy łączników z bezpiecznikami o odpowiednio dobranych wkładkach topikowych ograniczających prądy zwarciove. Z praktyki eksploatacyjnej wiadomo, że prądy znamionowe wkładek topikowych w zestawach rozłączników z bezpiecznikami średniego napięcia powinny być ok. 2 razy większe od prądu znamionowego transformatora. Wynika to ze stosunkowo dużych prądów magnesowania występujących podczas załączania transformatorów, które mogłyby spowodować nieuzasadnione zadziałanie wkładki o mniejszym prądzie znamionowym. Producenci wkładek w swoich katalogach zwykle podają wartości prądu znamionowego wkładek bezpiecznikowych, które należy stosować do zabezpieczenia transformatorów. Na przykład, do zabezpieczenia transformatora 17,5/0,4 kV o mocy znamionowej 630 kVA firma SIBA proponuje wkładki na prąd znamionowy 50 A. Praktycznie nie jest więc możliwe zabezpieczenie transformatora od skutków przeciążeń bezpiecznikami średniego napięcia, ponieważ nie będzie spełnione wymaganie producentów transformatorów, aby przeciążenie transformatora prądem  $1,5 I_n$  nie trwało dłużej niż 2 h. Wynika stąd wniosek, że zabezpieczenie przeciążeniowe transformatorów powinno być zrealizowane po stronie 0,4 kV za pomocą odpowiednio dobranych bezpieczników.

### Zestaw rozłącznik-bezpieczniki średniego napięcia

Wysokie wymagania stawiane rozdzielnicom średniego napięcia dotyczące niezawodności zasilania i bezpieczeństwa osób postronnych oraz obsługi wymuszają stosowanie udoskonalonych wkładek topikowych w zestawach rozłączników z bezpiecznikami. Firma SIBA oferuje ulepszone wkładki topikowe, szczególnie przydatne do ochrony przed nadmiernym nagrzewaniem się wnętrza rozdzielnic średniego napięcia. Oprócz powszechnie znanych właściwości standardowych wkładek topikowych spełniają one dodatkowe wymagania dzięki wprowadzeniu wyzwalacza termicznego do wybijaka. SIBA po raz pierwszy przedstawiła wkładki z takim wyzwalaczem na targach w Hanowerze w 1993 r. Doświadczenia zebrane od tego czasu przyczyniły się do ulepszenia konstrukcji wyzwalacza.



Zapotrzebowanie na bezpieczniki średniego napięcia z wyzwalaczami termicznymi systematycznie wzrastało i dlatego firma SIBA w połowie 1994 r. fabrycznie wyposażyla w takie wyzwalacze wszystkie wkładki na prądy znamionowe do 160 A włącznie.

Wkładki topikowe średniego napięcia są przeznaczone do ochrony transformatorów rozdzielczych. Zadanie wkładek polega głównie na ograniczaniu i wyłączeniu prądów zwarciovych. Ponadto działając wybijaikiem na mechanizm wyzwalający rozłącznika mogą wyłączyć przeciążenie transformatora.

Badania rozdzielnic zwięzłych (małogabarytowych) wykazały, że zestawy rozłącznik-bezpieczniki z klasycznymi wkładkami topikowymi na większe prądy nagrzewają się do niedopuszczalnie wysokiej temperatury, co powoduje przyspieszenie starzenia się materiałów, np. tworzyw sztucznych, w wyniku czego powstają pęknięcia i następuje pogorszenie zestyków w podstawach lub rozłącznikach bezpiecznikowych. Wykorzystując wyniki pomiarów licznych prób nagrzewania bezpieczników używanych w rozdzielnicach różnej konstrukcji, opracowano nowy system wybijaika, który spowoduje przerwanie obwodu, gdy temperatura z jakiegokolwiek przyczyny przekroczy dopuszczalny poziom. Tak więc wybijaik z wyzwalaczem termicznym umożliwia ograniczenie nadmiernego przyrostu temperatury wywołanego niepożądanymi prądami zakłóceniovymi.

### **Bezpieczniki topikowe niskiego napięcia o charakterystyce gTr.**

Zabezpieczenia transformatorów po stronie 0,4 kV składają się ze specjalnych wkładek topikowych o charakterystyce transformatorowej gTr umieszczonych w typowych podstawach bezpieczników przemysłowych lub stanowiących wyposażenie odłączników bezpiecznikowych. Takie wkładki topikowe produkuje firma SIBA od prawie 20 lat. Są one przeznaczone do zabezpieczania od skutków przeciążeń i zwarć transformatorów o mocy znamionowej od 50 do 1000 kVA. Ich charakterystyka czasowo-prądowa (t-I) uwzględnia dopuszczalne przeciążenia transformatorów. Porównanie wymagań norm wykazało, że charakterystyki t-I wkładek topikowych gTr (rys. 2) mieszczą się w dopuszczalnych pasmach t-I klasycznych bezpieczników ogólnego stosowania gG, lecz są znacznie węższe. W praktyce oznacza to, że bezpieczniki o charakterystyce gG tylko w szczególnych przypadkach będą spełniały wymagania VDE stawiane bezpiecznikom o charakterystyce gTr. Zadziałanie wkładek gTr następuje wówczas, gdy transformator jest przeciążony ponad wartość dopuszczalną. W Polsce wbrew dobrym doświadczeniom innych krajów, wkładki topikowe o charakterystyce gTr nie są jeszcze produkowane i rozpowszechnione. Należy oczekiwać, że w najbliższej przyszłości użytkownicy transformatorów rozdzielczych zostaną zmuszeni do ich stosowania.

### **Wymagania stawiane wkładkom topikowym o charakterystyce gTr.**

Jak już wspomniano, zabezpieczenia są realizowane w postaci bezpieczników z typowymi podstawami lub łączników bezpiecznikowych na znamionowe napięcie przemienne 500 V, wyposażonymi we wkładki topikowe o charakterystyce gTr na znamionowe napięcie przemienne 400 V. Podstawy bezpiecznikowe powinny spełniać ogólne wymagania PN-91/E-06160/10 [3], a wkładki topikowe wymagania podane w normie [1] ze zmianami i uzupełnieniami zawartymi w normie [2].

Wkładki topikowe o charakterystyce gTr według norm VDE [1, 2] spełniają następujące wymagania:

1. Do zabezpieczania transformatorów o mocy znamionowej:

- od 50 do 250 kVA przewiduje się wielkość wkładek topikowych 2,
- od 250 do 400 kVA - wielkość 3,
- od 400 do 1000 kVA - wielkość 4.

2. Wkładki topikowe mają wymiary wkładek topikowych przemysłowych o charakterystyce gG, spełniających wymagania PN-91/E-06160. Napisy na tabliczce znamionowej są brązowe, przy czym zamiast prądu znamionowego wkładki Irat (oznaczenie wprowadzone w normie VDE [2] dla wkładek gTr) podaje się moc znamionową transformatora (Sn), do którego zabezpieczenia przewidziana jest wkładka topikowa. Prąd znamionowy wkładki wyznacza się z zależności:

$$I_{rat} = \frac{S_n}{3 U_n}$$



3. Wkładki topikowe do zabezpieczenia transformatorów o mocy od 50 do 1000 kVA powinny wytrzymać dolny prąd probierczy 1,3 Irat w ciągu 10 h i zadziałać przy obciążeniu górnym prądem probierczym 1,5 Irat przed upływem 2 h.
  4. Wkładki o charakterystyce gTr wytrzymują próbę obciążenia 100 cykli, przy czym czas przepływu prądu 1,15 Irat (z odchyłką -2%) i czas przerwy bezprądowej wynoszą 1 h. Próba ta oraz próby przy dolnym i górnym prądzie probierczym są bardzo ostre w porównaniu z próbami wymaganymi dla wkładek topikowych o charakterystyce gG.
  5. Wkładki topikowe o charakterystyce gTr wyłączają przeciążenia począwszy od umownego górnego prądu probierczego 1,5 Irat do wartości prądu spodziewanego 100 kA, deklarowanej przez producenta. Napięcie probiercze wynosi 440 V (z odchyłką +3%). Pozostałe warunki prób według PN-91/E-06160/10, jak dla wkładek o charakterystyce gG.
- Z analizy wymagań podanych w normach [1, 2] wynika, że zdolność wyłączania tych wkładek nie ogranicza ich stosowania do zabezpieczenia transformatorów.

### Wnioski

Skutecznym zabezpieczeniem transformatora i innych elementów rozdzielnic od skutków przeciążeń i zwarć są odpowiednio dobrane bezpieczniki topikowe.

\*Po stronie średniego napięcia powinien to być zestaw rozłącznik bezpiecznikowy z wkładkami topikowymi zawierającymi wyzwalacze termiczne. Prądy znamionowe wkładek topikowych ze względu na prądy załączania są zwykle 2 razy większe od prądu znamionowego transformatora i dlatego nie zabezpieczają transformatora od skutków przeciążeń. Zadaniem wyzwalaczy termicznych jest niedopuszczenie (w stanach zakłóceń) do wzrostu temperatury wewnątrz zamkniętej rozdzielnic ponad wartości dopuszczalne.

\*Po stronie niskiego napięcia powinien być stosowany typowy odłącznik bezpiecznikowy z wkładkami topikowymi na znamionowe napięcie przemienne 400 V o charakterystyce transformatorowej gTr. Wkładki takie mają charakterystyki czasowo-prądowe t-I dopasowane do dopuszczalnych przeciążeń transformatorów, tak aby skutecznie zabezpieczyć te urządzenia od uszkodzeń spowodowanych przeciążeniami lub zwarciami po stronie 0,4 kV.

\*Wkładki topikowe gTr, oznakowane mocą znamionową transformatora, charakteryzują się małym rozrzutem charakterystyki t-I i dużą odpornością na przeciążenia.

\*Korzyści eksploatacyjne wynikające ze stosowania odłączników bezpiecznikowych z wkładkami topikowymi o charakterystyce gTr rekompensują koszt ich instalowania.

Na podstawie publikacji doc. dr. J. Ossowickiego i prof. dr. hab. H. Sibilskiego oraz materiałów SIBA opracował  
Mariusz Madurski - SIBA POLSKA

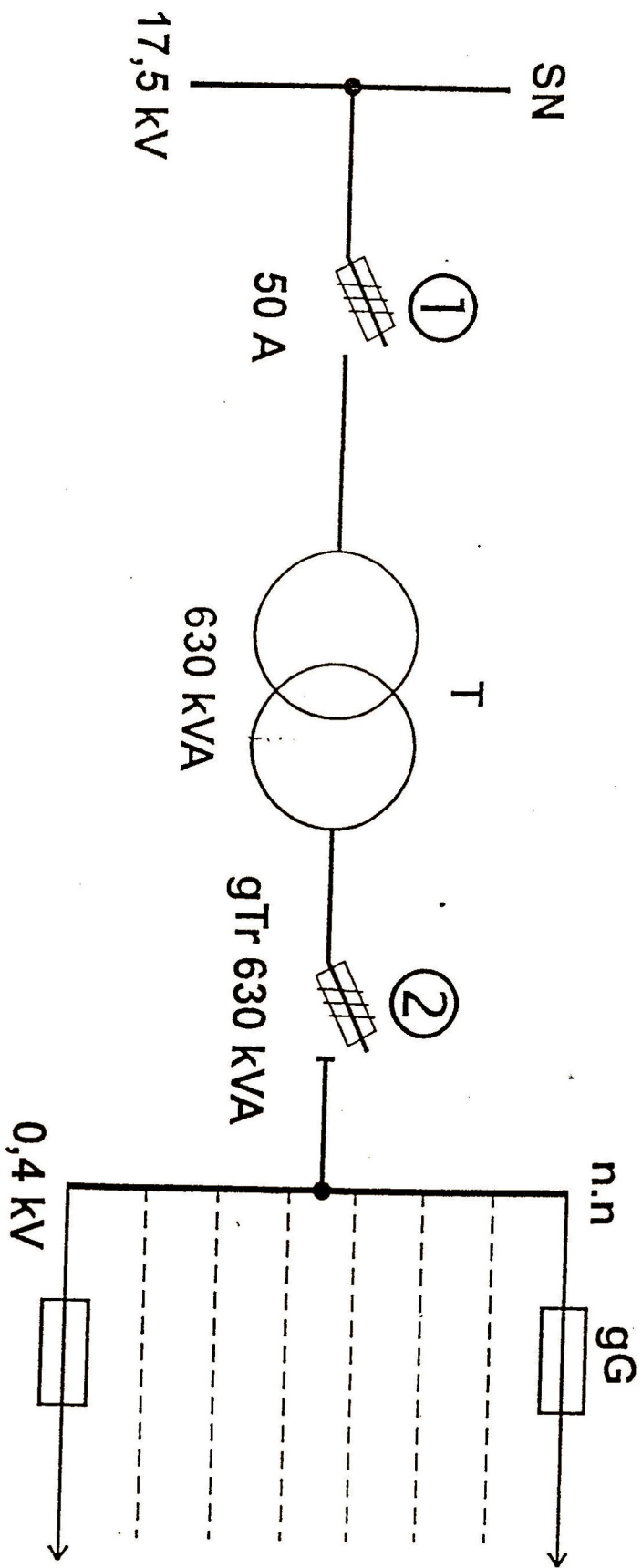
### LITERATURA

1. DIN/VDE 57636, Teil 22 z maja 1984 r. Niederspannungssicherungen NH-System; NH-Anlagenschutzsicherungen bis 1250 A und 1000 V aM, gTr, gB (VDE - Bestimmung).
2. DIN/VDE 0636-201/A1 z października 1997 r. Niederspannungssicherungen (NH-System). Teil 2: Zusatzliche Anforderungen an Sicherungen zum Gebrauch durch Elektrofachkrafte bzw. Possonen elektrotechnisch unterwiesene Personen (Sicherungen uberwiegend fur den industriellen Gebrauch). Hauptabschnitte I bis V.
3. PN-91/E-06160/10 Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe. Ogólne wymagania i badania.

### Podpisy

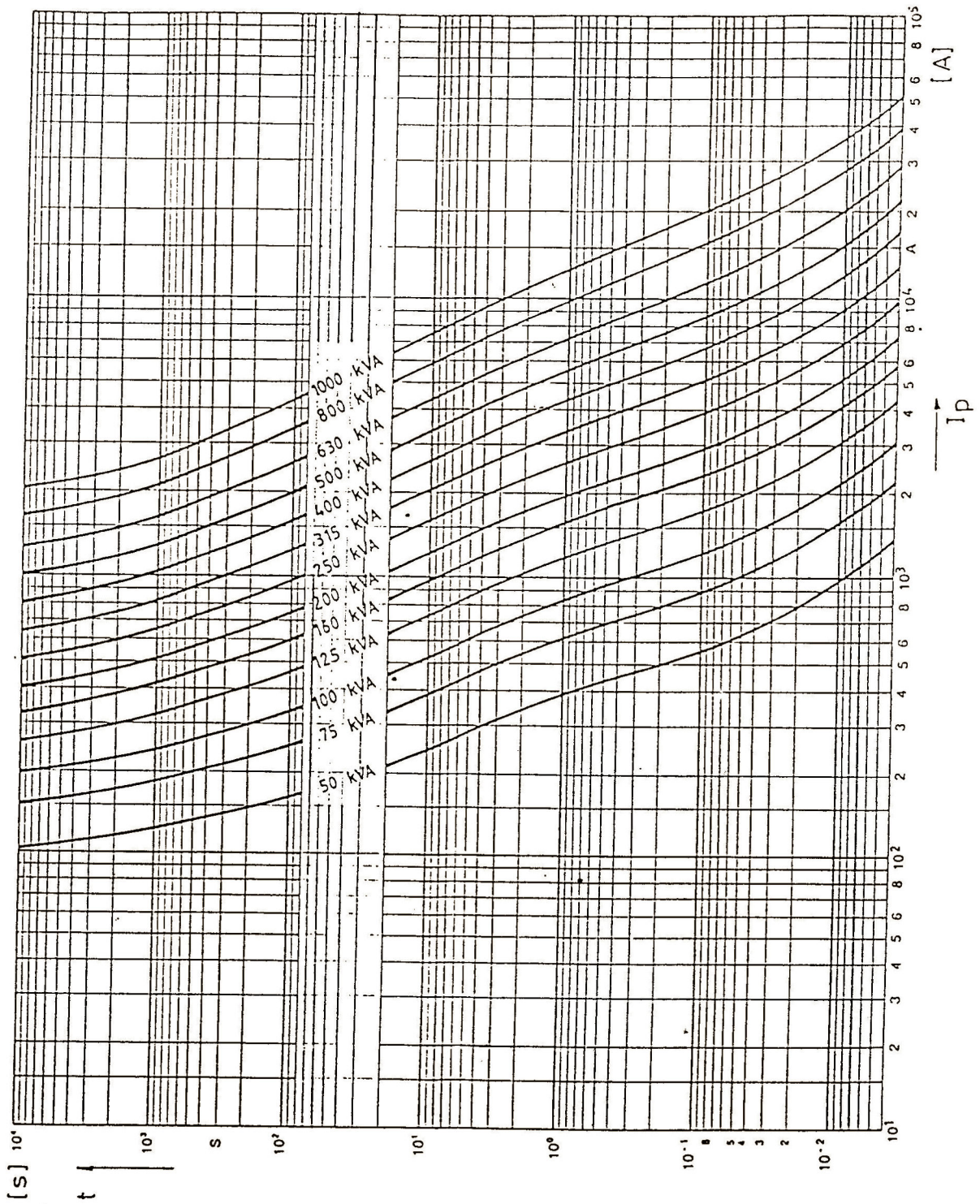
Rys. 1. Typowy schemat stacji SN/nn

Rys. 2. Charakterystyki czasowo-prądowe wkładek topikowych gTr do zabezpieczania transformatorów o różnej mocy Sn



Rys. 1. Typowy schemat rozdzielniczy średniego napięcia.





Rys. 2. Charakterystyki czasowo-prądowe wkładek topikowych gTr.