

*XIX Seminarium*

**ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICE' 2009**

Oddział Gdański PTETiS

Referat nr 21

**NOWOCZESNE WYŁĄCZNIKI NISKIEGO NAPIĘCIA**

**Piotr LEŚNIEWSKI**

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk  
tel: (58) 347-14-66 fax: (58) 347-21-36 e-mail: p.lesniewski@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** Nowoczesne systemy rozdziału energii stawiają przed wyłącznikami mocy coraz większe wymagania, przekraczające realizację funkcji ochronnych i zabezpieczeniowych. Z tego względu nowoczesna aparatura łączeniowa niskiego napięcia powinna spełniać wymagania stawiane przez zaawansowane systemy sterowania, uwzględniające przede wszystkim: możliwości komunikacyjne, wsparcie programowe, diagnostykę i możliwości szybkiej archiwizacji zdarzeń.

**Słowa kluczowe:** interfejsy komunikacyjne, wyłączniki, komunikacja.

## 1. INFORMACJE OGÓLNE

Funkcja wyłączników w instalacjach elektrycznych w ciągu ostatnich lat uległa zmianie. Do niedawna zadaniem wyłączników mocy była ochrona instalacji rozdzielczych, przyłączonych za nimi, przed skutkami zwarć i przeciążeń. Do tej funkcji wystarczyły aparaty wyposażone w klasyczne wyzwalacze termobimetalowe i elektromagnetyczne. Użytkownicy instalacji wymagają jednak szeregu dodatkowych funkcji diagnostycznych i komunikacyjnych pozwalających na szybkie zlokalizowanie miejsca awarii lub szybki odczyt parametrów sieci w dowolnym miejscu budynku czy sieci. Z tego powodu coraz częściej stosowane są inteligentne urządzenia, wyposażone w wyzwalacze elektroniczne, wykorzystujące techniki cyfrowe do analizy zakłóceń. Nowoczesne interfejsy, umożliwiają komunikację wyłącznika z systemem nadzoru, sterowania i wizualizacji poprzez magistrale przemysłowe, np. sieć PROFIBUS DP [1]. Możliwe jest przesyłanie informacji między poszczególnymi wyłącznikami, zainstalowanymi w różnych punktach instalacji. W przypadku wystąpienia zwarcia zadziała tylko wyłącznik zainstalowany najbliżej miejsca zwarcia, niezależnie od nastaw wyzwalaczy wyłączników, które w takim przypadku są blokowane, co niemożliwe jest w klasycznych rozwiązaniach.

Właściwa ochrona przed przeciążeniem i zwarcie związane jest m.in. z poprawnym wyborem nastaw bloku zabezpieczeń wyłącznika – charakterystyki prądowo-czasowej wyłącznika. Dla zapewnienia jak najwygodniejszego i jak najłatwiejszego wprowadzania nastaw, zespoły zabezpieczeń elektronicznych, można bezpośrednio połączyć z komputerem. Ponieważ nastawy bloków zabezpieczeń, kształtowanie charakterystyk

wyłączników oraz analiza selektywności niejednokrotnie przysparza użytkownikom wiele trudności. Firmy dostarczają aplikacje, w których w łatwy sposób można wykreślać oraz analizować charakterystyki. Musi zostać spełniony jednak jeden podstawowy warunek: aparaty muszą być wykonane w standardzie elektronicznych zabezpieczeń przeciążeniowo-zwarciovych. Takie rozwiązanie udostępnia również funkcje diagnostyczne zabezpieczeń.

Możliwości komunikacyjne nowoczesnych wyłączników niskiego napięcia przedstawiono głównie w oparciu o wyłączniki kompaktowe typu NZM oraz wyłączniki powietrzne IZM firmy Moeller [2, 3].

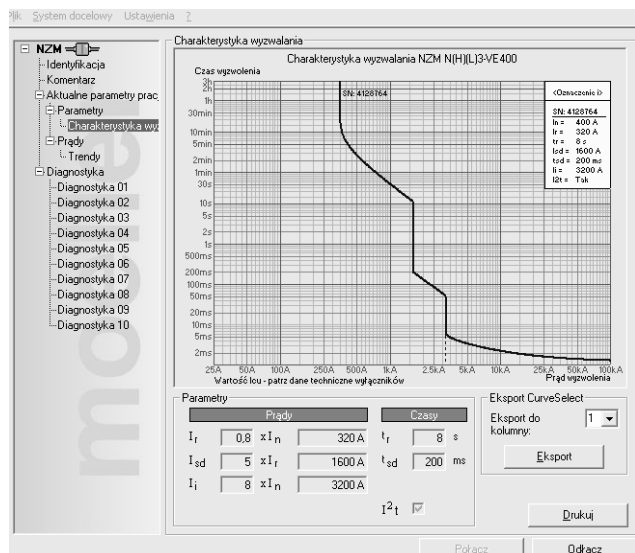
## 2. WYŁĄCZNIKI KOMPAKTOWE NZM

Wyłączniki kompaktowe stosowane są najczęściej jako wyłączniki w polach odpiływowych, spełniając różnego zadania ochronne w instalacjach niskonapięciowych. Stosowane są również w polach zasilających w małych systemach rozdzielczych (do 1600 A). Właściwa ochrona przed zakłóceniami (przeciążenia i zwarcia) związana jest między innymi z poprawnym wyborem nastaw bloku zabezpieczeń (charakterystyk czasowo-prądowych). W tradycyjnych rozwiązaniach z wyzwalaczami elektromagnetycznymi i termobimetalowymi, dobór nastaw może następować tylko lokalnie za pomocą przełączników obrotowych. Rozwój techniki cyfrowej pozwolił na zaprojektowanie elektronicznych bloków zabezpieczeń. Wyłącznik taki można dodatkowo doposażyć w moduł zarządzania danymi DMI [4, 5, 6]. Moduł ten pozwala na parametryzację, monitoring oraz sterowanie pracą wyłącznika. W połączeniu z wyłącznikiem dedykowanym do ochrony silników, istnieje również możliwość implementacji funkcji rozrusznika silnika. Dodatkowo istnieje możliwość zastosowania przystawek interfejsów różnych sieci przemysłowych (np. Profibus, CANOpen, Modbus). Takie rozwiązanie umożliwia komunikację nie tylko na poziomie lokalnym, ale również ze sterownikiem PLC, znajdującym się np. w głównej sterowni obiektu oraz powiązanie z systemem wizualizacji HMI (Human-Machine Interface).

Interfejs komunikacyjnym wyłącznika umożliwia lokalne podłączenie wyłącznika do komputera. Przy użyciu dedykowanego oprogramowania oraz okablowania możliwe jest między innymi:

- wyświetlenie i ewentualny wydruk czy export rzeczywistej charakterystyki wyłącznika;
- rejestrację wartości prądu płynącego przez wyłącznik.

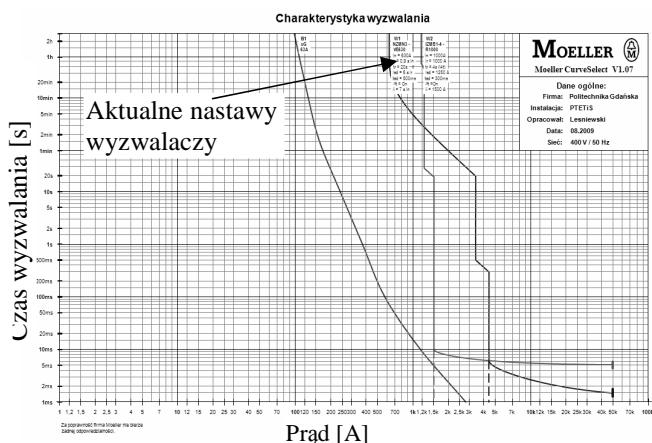
Zmieniając nastawy poszczególnych bloków zabezpieczeń, można obserwować, w jaki sposób zmiany te wpływają na kształt poszczególnych części charakterystyk wyzwolenia wyłącznika. Widok aktualnej (dla danych nastaw bloku zabezpieczeń) charakterystyki czasowo-prądowej wyzwalacza wyłącznika przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Charakterystyka czasowo-prądowa wyłącznika NKM

W celu określenia charakterystyki wyłącznika przy danych nastawach bloków zabezpieczeń, nie ma potrzeby czasochłonnego analizowania danych katalogowych, gdyż w każdej chwili jest ona dostępna na ekranie komputera i w każdym momencie można ją wydrukować. Wydruk opatrzonej jest etykietą określającą: typ i numer seryjny wyłącznika oraz wartości aktualnych nastaw.

Dedykowane oprogramowanie (Moeller CurveSelect) umożliwia również eksport nastaw bloku zabezpieczeń do aplikacji, umożliwiającej wykreślenie charakterystyki czasowo-prądowej. Opcja zapisania charakterystyki jest bardzo przydatną funkcją. Na jednym arkuszu można nanieść rzeczywiste charakterystyki różnych wyłączników a nawet bezpieczników, co ułatwia określenie selektywnej współpracy pomiędzy poszczególnymi aparatami (rys. 2).



Rys. 2. Charakterystyki czasowo-prądowe wykreślone za pomocą programu CurveSelect

Bardzo ważną rolę pełni menu „diagnostyka”, w którym przechowywane są informacje diagnostyczne na temat 10 ostatnich zdarzeń z historii działania wyłącznika jak i DMI. Dostępnymi danymi są informacje na temat: alarmów, ostrzeżeń spowodowanych przeciążeniami, wyzwoleniami, itp. Każda informacja zawiera charakterystyczny „stempel czasowy”: datę i godzinę oraz nastawy parametrów, podczas wystąpienia zdarzenia. Z pozycji tego menu, istnieje możliwość sprawdzenia aktualnych nastaw bloku zabezpieczeń, godziny pracy wyłącznika oraz liczby załączeń.

Oprogramowanie do komunikacji NZM-XPC-Soft umożliwia również pracę w trybie symulacyjnym (tryb demo) [4, 5]. Użytkownik łączy się z wirtualnym wyłącznikiem, uzyskując możliwość przetestowania jego działania. W tym trybie istnieje możliwość dokonywania zmian nastaw na wirtualnym bloku zabezpieczeń i obserwować te zmiany na charakterystyce czasowo-prądowej. Istnieje również możliwość wymuszenia wyzwolenia od przeciążenia czy zwarcia, obserwacji prądu płynącego przez wirtualny wyłącznik oraz sprawdzenia historii zdarzeń.

### 3. WYŁĄCZNIKI POWIETRZNE IZM

Wyłączniki IZM należą od grupy wyłączników powietrznych, budowanych na prądy znamionowe od 630 do 6300 A. Wyłączniki mocy IZM są standardowo wyposażone w sterowane mikroprocesorowo wyzwalacze elektroniczne. Do wyboru jest pięć różnych wyzwalaczy, zapewniających optymalne zabezpieczenie: poczynając od zwykłego zabezpieczenia maszyn i urządzeń z wyzwalaczem przeciążeniowym i zwarciovym, aż po wyzwalacz cyfrowy z wyświetlaczem graficznym oraz możliwością tworzenia sieci z selektywnością czasową.

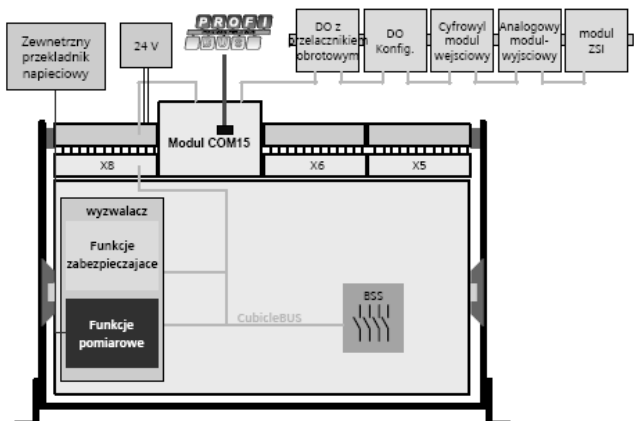
Dzięki właściwościom komunikacyjnym, wyłączniki IZM stwarzają duże możliwości w dziedzinie optymalnego rozdziału energii. Umożliwiają one przesyłanie wszystkich, istotnych dla eksploatacji, parametrów pracy, zarówno wyłącznika jak i jego otoczenia. W ten sposób uzyskuje się większą przejrzystość instalacji oraz skraca czas reakcji na zaistniałe zakłócenia, jak np. przetężenie, asymetria faz, czy przepięcie. Szybka ingerencja w proces może zapobiec poważniejszym awariom oraz pomóc w planowaniu konserwacji. W ten sposób zwiększa się dyspozycyjność instalacji.

Wyłączniki mocy IZM z wyzwalaczami cyfrowymi są standardowo wyposażone w wewnętrzną magistralę komunikacyjną CubicleBus [7, 8, 9], stwarzającą możliwości rozbudowy wyłącznika o szereg modułów, z których każdy pozwala na realizowania dodatkowych funkcji komunikacyjnych, np. sygnalizacji przeciążenia, zadziałania bloku zabezpieczeń, itp. (rys. 3). Za jej pośrednictwem łączone są wszystkie inteligentne podzespoły wyłącznika IZM. Za pomocą złącza komunikacyjnego informacje z/do inteligentnych podzespołów są przesyłane np. do modułu komunikacyjnego IZM-XCOM [9] siecią PROFIBUS DP.

Magistrala PROFIBUS umożliwia uzyskanie pełnej kontroli nad wyłącznikiem w zakresie operacji łączeniowych i parametryzacji wyłącznika. Dzięki wbudowanemu wewnątrz wyłącznika modułowi BSS (czujnik stanu wyłącznika) użytkownik otrzymuje następujące informacje:

- pozycję styków głównych;

- stan pracy styków pomocniczych;
- temperaturę wewnątrz wyłącznika;
- wyzwolenie wyłącznika;
- sygnał gotowości do załączenia.



Rys. 3. Przykład rozbudowanego rozwiązania wewnętrznego i zewnętrznej magistrali danych wyłącznika IZM [7]

Bez dużych nakładów na oprzewodowanie można połączyć dodatkowe, zewnętrzne moduły rozszerzeń z wyłącznikiem IZM poprzez wewnętrzną magistralę komunikacyjną. W tym celu oferowane są cyfrowe moduły wejściowe oraz cyfrowe i analogowe moduły wyjściowe.

Moduł wyjść cyfrowych umożliwia między innymi odłączenie poszczególnych odbiorów w przypadku wystąpienia przeciążenia oraz wyprowadzenie sygnałów, np. do lampek, o zadziałaniu zabezpieczenia, ostrzeżeniach, itp.

Moduł wejść cyfrowych umożliwia wybór jednego z dwóch wprowadzonych do pamięci banków nastaw wyzwalacza – dla zasilania podstawowego lub rezerwowego, np. zasilania z sieci elektroenergetycznej i agregatu prądotwórczego (różne parametry zwarciowe).

Moduł wyjść analogowych umożliwia przetworzenie sygnału cyfrowego z integralnych przekładników prądowych i napięciowych, na sygnał analogowy, który może zostać wykorzystany do np. zasilania wskaźników analogowych na drzwiach rozdzielni, w której zainstalowano wyłącznik.

Jako przykład funkcji komunikacyjnych pomiędzy poszczególnymi wyłącznikami może posłużyć moduł ZSI (selektywności logicznej), który umożliwia skrócenie sterowania selektywnego pomiędzy wyłącznikami IZM [7, 8]. Zainstalowanie modułu ZSI w każdym wyłączniku w systemie spowoduje, że czas wyłączenia bez względu na to, w którym miejscu znajduje się zabezpieczenie zostanie skrócony do około 50 ms (dla wyłącznika typu IZM). Jeśli wystąpi zwarcie w dowolnym miejscu układu to w ciągu tych 50 ms wyłączniki skomunikują się między sobą i zadziała tylko ten, który jest najbliżej zwarcia; do pozostałych wyłączników zostanie wysłany sygnał blokujący. W przypadku sieci okrętowych umożliwia to eliminację zwłok czasowych koniecznych dla zapewnienia selektywności wyłączenia zwarcu. W przypadku zwarcu łukowych rozwiązanie z modulem ZSI może się przyczynić do znacznego zredukowania skutków tych zwarcu.

Wyposażenie wyłącznika IZM w moduł BDA (Breaker Data Adapter) pozwala na realizację funkcji komunikacyjnych takich samych jak w sieci Profibus, tylko na platformie internetowej [9]. Zaletą BDA jest brak dedykowanego oprogramowania – wystarczy przeglądarka internetowa – wymagane oprogramowanie zaimplementowane jest w module BDA. Istnieje również

możliwość zaprogramowania funkcji modemu, który może wysłać obsłudze informacje za pomocą komunikatów SMS.

Wyłącznik IZM rozbudować można o funkcje analizatora parametrów sieci. Rozwiązanie takie umożliwia rejestrację przebiegów prądu i napięcia, co jest szczególnie istotne w szczegółowej diagnostyce zdarzeń, w przypadku awarii, gdy istnieje potrzeba analizy przyczyn powstania zakłóceń.

Dodatkową interesującą cechą wyłączników IZM jest możliwość zastosowania wkładki prądu znamionowego (Rating Plug) [9], co umożliwi zmniejszenie prądu znamionowego wyłącznika na mniejszy. Ma to znaczenie, gdy dana instalacja jest w początkowej fazie wykorzystuje tylko część zainstalowanej mocy

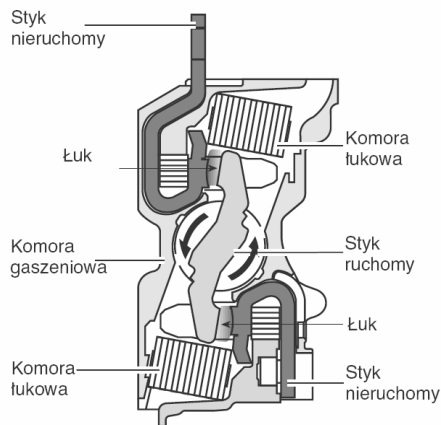
#### 4. WYŁĄCZNIKI OGRANICZAJĄCE

Wśród wyłączników niskiego napięcia specjalną grupę stanowią wyłączniki ograniczające prądy zwarciowe. W celu ograniczenia prądu zwarciowego należy spełnić następujące warunki: rozdział styków wyłącznika powinien nastąpić przed osiągnięciem wartości szczytowej prądu spodziewanego oraz po zapaleniu się łuku w wyłączniku napięcie łuku powinno mieć na tyle dużą wartość, aby prąd w obwodzie uległ wyraźnemu odkształceniu od prądu spodziewanego. Wyłącznik ograniczający musi być wyposażony w komorę gaszeniową, umożliwiającą aktywne działanie na łuk tak, aby osiągnął on dostatecznie dużą wartość napięcia łuku. Im większe jest napięcie łuku, tym bardziej prąd odkształca się od prądu spodziewanego i tym mniejsza jest wartość prądu ograniczonego. W celu szybkiego rozdzielenia styków konieczne są specjalne układy przyspieszające otwieranie się styków. Dla przyspieszenia otwarcia styków wyłącznika można wykorzystać oddziaływanie elektrodynamiczne na styki wyłącznika, kształtując tor prądowy w taki sposób, że na styk ruchomy działa znaczna siła otwierająca od przepływającego przez tor prądu. Wyłączniki ograniczające występują zarówno w grupie wyłączników kompaktowych jak i powietrznych.

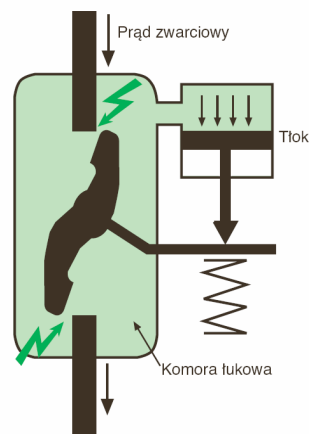
W wyłącznikach kompaktowych typu Contact NS [10], do gaszenia łuku wykorzystuje się ciśnienie generowanego w komorze gaszeniowej przez dwa łuki elektryczne powstające po odepchnięciu styku ruchomego wskutek elektrodynamicznego oddziaływania sił od prądu zwarciowego (rys. 4 i 5).

Ciśnienie, powstające przy zwarciu, osiąga po około 3 ms poziom powodujący zadziałanie mechanicznego układu złożonego z tłoka i sprężyny i w efekcie otwarcie wyłącznika. Do tego momentu ciśnienie jest niewystarczające do otwarcia wyłącznika i prąd zwarciowy jest ograniczony w tym czasie przez impedancję łuku. Po przekroczeniu wartości progowej otwarcie odbywa się bardzo szybko (1 ms) - w tym czasie następuje dalsze ograniczenie prądu zwarciowego.

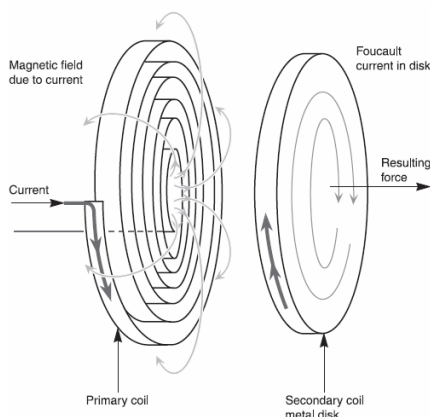
W wyłącznikach powietrznych zasada szybkiego otwarcia styków realizowana może być w odmienny sposób. Wykorzystuje się oddziaływanie elektrodynamiczne dwóch cewek - [11] (rys 6). Czas eliminacji zakłócenia wynosi w tym przypadku poniżej 8 ms [11] (w przypadku „klasycznego” otwierania, bez wspomaganie za pomocą elektrodynamicznego oddziaływania cewek, czas ten wzrasta do ok. 80 ms).



Rys. 4. Komora gaszeniowa wyłącznika Compact NS [10]



Rys. 5. Zasada dynamicznego gaszenia łuku [10]



Rys. 6. Oddziaływanie elektrodynamiczne cewek [11]

Wyłącznik taki wymaga zastosowania dodatkowego zasobnika energii (bateria kondensatorów), umożliwiającego przepływ impulsu prądowego w jednej z cewek (nieruchomej).

## 5. WNIOSKI KOŃCOWE

W instalacjach elektrycznych coraz częściej wymaga się stosowania inteligentnych wyłączników mocy, które oprócz funkcji zabezpieczeniowych, umożliwiają komunikację i diagnostykę z wykorzystaniem przemysłowych magistral danych, np. sieci ROFIBUS.

Stosując inteligentne wyłączniki z możliwościami komunikacyjnymi można bardzo szybko określić przyczyny wystąpienia zakłócenia oraz podjąć środki zaradcze, w celu wyeliminowania podobnych zdarzeń w przyszłości, wykorzystując informacje diagnostyczne.

Duże możliwości zdalnej parametryzacji, szybka reakcja na zdarzenia niebezpieczne, np. przez odłączenie pewnych grup obciążenia, ułatwiają optymalizację systemu sterowania pracą systemu zasilania, redukując znacznie koszty podczas ewentualnych awarii, w przypadku stosowania klasycznych rozwiązań

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] PROFIBUS – Technologie i Aplikacje – opis systemu - <http://www.profibus.com>.
- [2] Wyłączniki mocy NZM1, 2, 3, 4 do 2000 A, HPL0211-2007/2008, [www.moeller.pl](http://www.moeller.pl).
- [3] Wyłączniki mocy IZM, rozłączniki mocy IN do 6300 A, <http://catalog.moeller.net>.
- [4] NZM-XPC-Soft NZM Diagnostics and DMI Configuration – user manual, 09/05 AWB1230-1459GB.
- [5] NZM-XPC-DTM Device specific DTM for NZM, 06/04 AWB277-1547GB, [www.moeller.net](http://www.moeller.net).
- [6] Circuit-breaker Communication System, 11/04 AWB1230-1441GB, [www.moeller.net](http://www.moeller.net).
- [7] Katalog wyłączników SENTRON WL oraz możliwości komunikacyjne. Wydanie: 04/2005, [www.siemens.pl](http://www.siemens.pl)
- [8] Circuit-breaker IZM – Operational manual 08/07 AWB1230-1407GB, [www.moeller.net](http://www.moeller.net).
- [9] Leistungsschalter IZM Kommunikation – Bedienungshandbuch 02/07 AWB1230-1465D, [www.moeller.net](http://www.moeller.net).
- [10] Koordynacja aparatów zabezpieczeniowych nn. Selektowność działania - <http://www.schneider-electric.pl>
- [11] Masterpact UR 50-60 - LV power circuit breakers – Schneider Electric katalog 2008.

## THE MODERN LV CIRCUIT-BREAKER

**Key-words:** circuit breaker, diagnostic, communication capability.

Modern power distribution systems demand from circuit breaker more and more complex functions going beyond simple protection. Therefore, modern LV switchgear must comply with new expectation defined by control systems concerning communication, ability of programming, monitoring, recording of events, etc.