

USZKODZENIA ELEKTRONICZNYCH LICZNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ W WYNIKU NIEWŁAŚCIWEGO DOBORU OGRANICZNIKÓW PRZEPIĘĆ

Jarosław WIATER

Politechnika Białostocka

tel: +48 857469979

e-mail: jaroslawwiater@we.pb.edu.pl

Streszczenie: W artykule scharakteryzowano narażenia udarowe liczników energii elektrycznej. Zaprezentowano wyniki próby udarowej przyłącza kablowego zasilanego z napowietrznej linii napowietrznej nn zabezpieczonej liniowym ogranicznikiem przepięć. Przyłączy wyposażone zostało w elektroniczny licznik energii elektrycznej. Badanie przeprowadzono dla układu pracującego pod napięciem, z wykorzystaniem prądu udarowego 10/350 μ s o wartości szczytowej 3 kA. W wyniku analizy zaobserwowano eksplozję ogranicznika przepięć i uszkodzenie licznika.

Słowa kluczowe: ograniczniki przepięć, ochrona odgromowa, liczniki energii elektrycznej.

1. WSTĘP

Stworzenie warunków zapewniających pewne i niezawodne działanie systemu elektroenergetycznego oraz pracujących w nich nowoczesnych elektronicznych systemów pomiarowych wymaga posiadania podstawowych informacji o:

- charakterze narażeń udarowych występujących w systemie elektroenergetycznym,
- poziomach odporności udarowej stosowanych urządzeń elektronicznych,
- właściwościach i zasadach doboru odpowiednich rozwiązań wykorzystywanych do ochrony przed narażeniami udarowymi,
- urządzeniach oraz systemach, z którymi one współpracują.

Układy pomiaru zużycia energii elektrycznej narażone są na działanie przepięć pojawiających się w sposób losowy w wybranych częściach rozbudowanego systemu przesyłu i rozdziału energii. Zaburzenia mogą wystąpić zarówno w liniach napowietrznych jak i kablowych. Źródłem zaburzeń może być lokalny wzrost potencjałów i występujące różnice potencjałów wywołane przez napięcia i prądy udarowe powstające podczas:

- operacji łączeniowych wykonywanych w obwodach WN/SN w normalnym i awaryjnym stanie pracy stacji,
- bezpośrednich wyładowań piorunowych na terenie stacji lub w bliskim ich sąsiedztwie,
- wyładowań piorunowych w napowietrzne linie przesyłowe WN/SN, SN/nn

- działania ograniczników przepięć w obwodach WN, SN i nn.

Napięcia i prądy udarowe mogą być również źródłem impulsowego pola elektromagnetycznego oddziałującego bezpośrednio na urządzenia. Zaburzenia impulsowe pola elektromagnetycznego mogą być promieniowane przez urządzenia elektroenergetyczne i linie wysokich napięć podczas stanów nieustalonych w systemie.

2. NARAŻENIA UDAROWE LICZNIKÓW

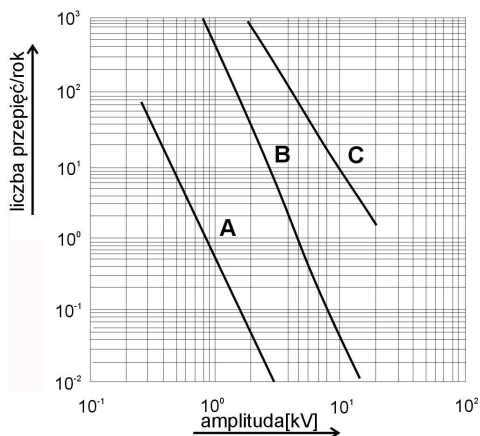
Liczniki energii elektrycznej mogą być podłączone do sieci elektroenergetycznej bezpośrednio, przez przekładniki prądowe (połączenie półpośrednie) lub przez przekładniki prądowe i napięciowe (połączenie pośrednie). W zależności od układu połączeń, liczniki mogą być narażone na oddziaływanie części prądu piorunowego oraz wszelkiego rodzaju przepięć występujących w sieciach elektroenergetycznych różnych napięć.

Znacznie częściej liczniki narażone są na działanie przepięć dochodzących z sieci elektroenergetycznej linią napowietrzną lub od strony obiektu budowlanego. W większości przypadków występujące przepięcia mają kształt tłumionej sinusoidy lub przebieg dwuwykładniczy. Na podstawie dostępnych danych można przyjąć, że w ciągu roku w instalacji elektrycznej wystąpią pojedyncze przepięcia o wartościach szczytowych w przedziale od 1000 V do 5000 V.

W sieci elektroenergetycznej ułożonej w terenie podmiejskim lub wiejskim liczba przepięć będzie wielokrotnie większa. W ciągu roku mogą wystąpić przepięcia o wartościach szczytowych przekraczających 5 kV.

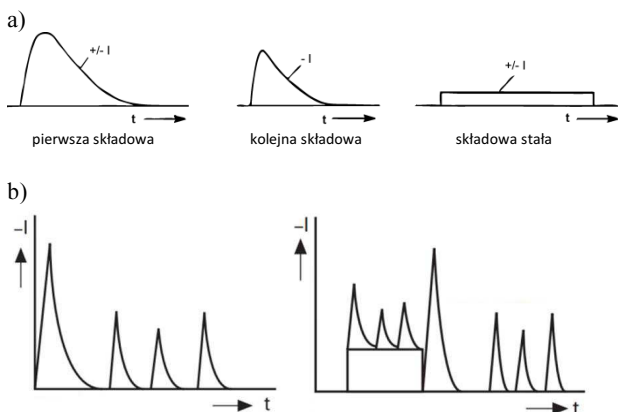
Podejmowane są również próby uporządkowania dostępnych wyników i wykreślenia krzywych umożliwiających wyznaczenie liczby przepięć o dowolnej amplitudzie, jakie mogą wystąpić w ciągu roku w instalacji elektrycznej [1]. Przykład takich przebiegów przedstawiono na rys. 1, gdzie: krzywa A (małe wystawienie na zakłócenia); przepięcia w podziemnych kablach zasilających ułożonych w miastach, krzywa B (wystawienie średnie); przepięcia w biegnących przez tereny podmiejskie kablach podziemnych z dołączonymi odcinkami linii napowietrznych, krzywa C (wystawienie duże); przepięcia w liniach napowietrznych biegnących przez tereny niezabudowane.

Otrzymane krzywe wyznaczono uwzględniając różny "stopień wystawienia" obwodów niskonapięciowych sieci zasilających na działanie impulsów zakłócających.



Rys.1. Krzywe określające liczby przepięć o różnych amplitudach wywołanych w ciągu roku w obwodach sieci zasilającej przez zewnętrzne źródła zakłóceń [1]

W przypadku najbardziej niebezpiecznym może dojść do bezpośredniego wyładowania piorunowego w linię napowietrzną. Należy zwrócić szczególną uwagę na charakter losowy zjawiska - rys. 2. Trudno jest przewidzieć rzeczywistą liczbę kolejnych składowych wyładowania piorunowego.



Rys.2. Normatywny (a) [2,3] i możliwy do wystąpienia (b) kształt i sekwencja występowania składowych prądu doziemnego wyładowania piorunowego [2,3,4]

W rzeczywistych warunkach bardzo często się zdarza sytuacja, w której przyjęty w normach kształt i sekwencja występowania kolejnych składowych doziemnego wyładowania piorunowego jest inna. Ten fakt dodatkowo zwiększa poziom narażenia liczników energii elektrycznej na uszkodzenie.

Bezsprecznie do uszkodzenia ogranicznika przepięć może dojść w przypadku przekroczenia maksymalnego prądu wyładowczego I_{max} . Nie mniej jednak ze względu na losowy charakter zjawisk zmiana kształtu prądu na wejściu ogranicznika (energii udaru) może być równie niebezpieczna.

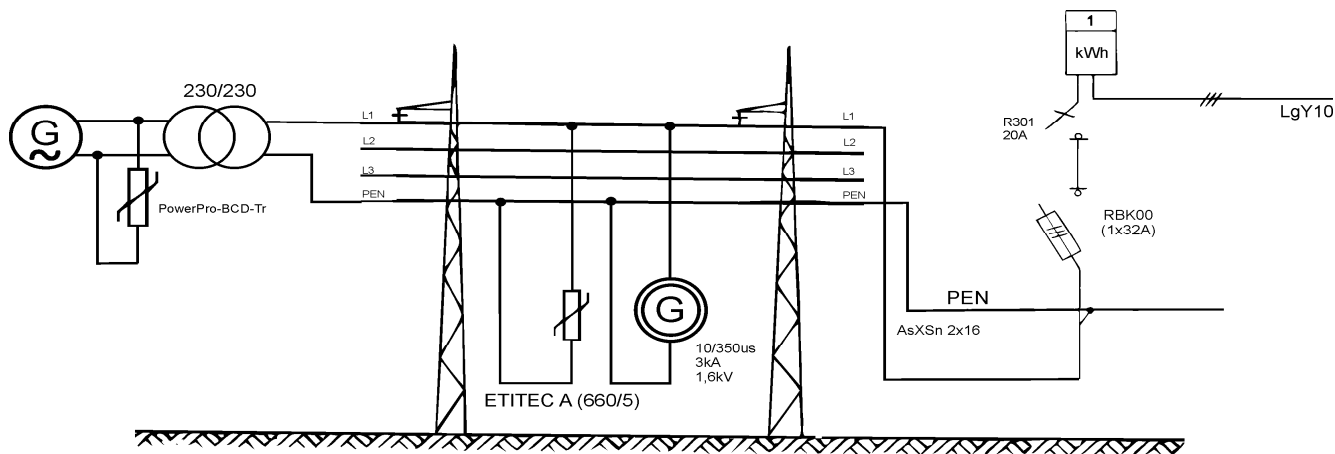
Prowadzone obecnie przez Ministerstwo Gospodarki zmiany w prawie energetycznym zakładają konieczność wymiany liczników energii elektrycznej. Ten krok mający dostosować nasz kraj do standardów europejskich niesie za sobą ryzyko zwiększenia strat powstałych w wyniku wyładowań piorunowych, co bezpośrednio przekłada się na konieczności prowadzenia badań w tym zakresie.

3. ANALIZA SKUTKÓW PRZEPLYWU PRĄDU UDAROWEGO PRZEZ LINIOWE OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ W NAWIETRZNEJ SIECI PRZESYŁOWEJ NISKIEGO NAPIĘCIA

Aby przeanalizować skutki przepływu prądu udarowego przez liniowe ograniczniki przepięć w napowietrznej sieci przesyłowej niskiego napięcia zbudowano stanowisko pomiarowe składające się z:

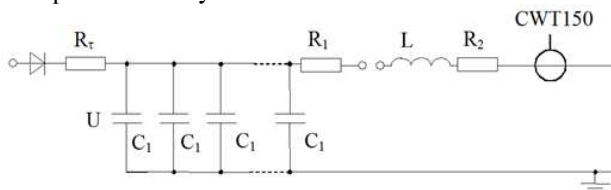
- linii napowietrznej niskiego napięcia o długości 8 metrów ($4 \times AL\ 50\ mm^2$),
- izolowanego od ziemi źródła zasilania 1-f 230V podłączonego za pośrednictwem transformatora separującego do linii napowietrznej, zabezpieczonego od przepięć ogranicznikiem ucinającym klasy 1 ($I_{max(10/350\mu s)}=25kA$),
- generatora prądów udarowych o kształcie 10/350 μs , wartości szczytowej 3 kA przy napięciu znamionowym baterii kondensatorów $U_n=1,6\ kV$,
- przyłącza kablowego w obudowie OPS 26 + OPS 24,
- 1-fazowego elektronicznego licznika energii elektrycznej,
- liniowego ogranicznika przepięć $I_n=5\ kA$, $I_{max(8/20\mu s)}=25kA$.

Schemat stanowiska pomiarowego zamieszczono na rysunku 3. Podczas badań wykorzystano wysokonapięcio-



Rys. 3. Stanowisko pomiarowe do badania skutków niewłaściwego doboru ogranicznika przepięć na licznik energii elektrycznej

wy generator prądowy, który wytwarzał udary prądowe o wartości szczytowej do 50 kA i różnych kształtach. Zmiana parametrów generowanych ударов dokonywana jest poprzez wymianę elementu rezystancyjno-indukcyjnego. Uproszczony schemat generatora wykorzystywanego do badań przedstawia rysunek 4.

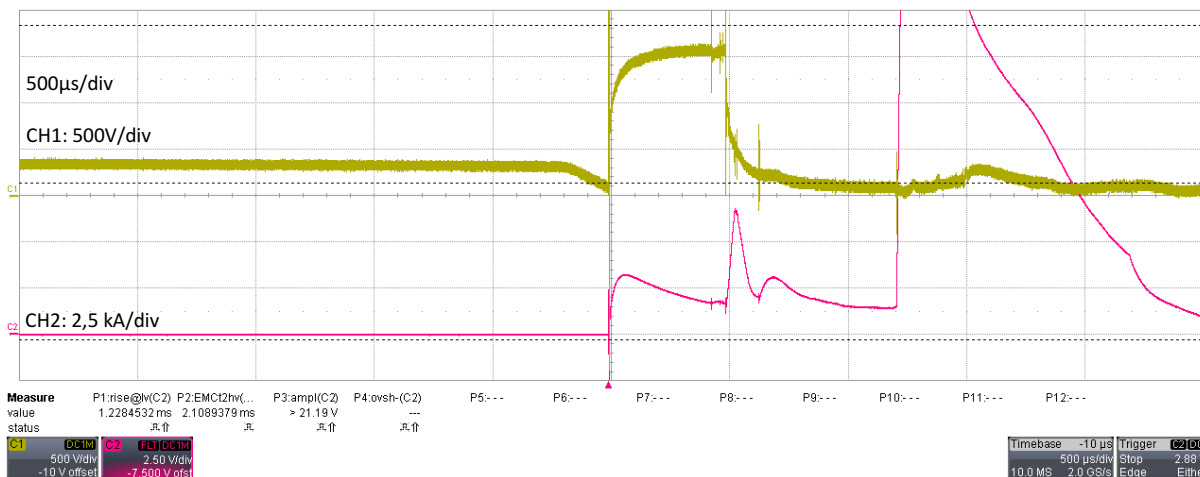


Rys. 4. Generator ударов prądowych wykorzystany podczas badań, gdzie:

- C_1 – 246,8 μF
- L, R_1, R_2 – zmienne wartości zależne od żadanego kształtu udaru prądowego
- R_t – rezystor ograniczający czas ładowania generatora
- CWT150 – cewka Rogowskiego do pomiaru prądu

Do pomiaru napięcia na wejściu licznika energii elektrycznej wykorzystano wysokonapięciową sondę firmy Tektronix typu P6015A $U_{\text{max}}=40$ kV o płaskiej charakterystyce przenoszenia w zakresie od 10 Hz do 30 MHz (pasmo 3dB) przy napięciu 6 kV oraz oscyloskop cyfrowy INSTEK GDS-840S. Oscyloskop miał możliwość rejestracji otrzymanych przebiegów w formacie cyfrowym na pamięć przenośną typu USB. Do pomiaru prądu na wyjściu generatora wykorzystano cewkę Rogowskiego firmy PEM typu CWT150 $I_n=30$ kA, o płaskiej charakterystyce przenoszenia w zakresie od 0,2 Hz do 16 MHz (pasmo 3dB).

Podczas badań prąd udarowy o wartości szczytowej 3 kA 10/350 μs doprowadzono do przewodów linii napowietrznej w połowie jej długości. W odległości 50 cm od punktu wprowadzenia prądu zainstalowano liniowy ogranicznik przepięć. Na skrajnym końcu linii podłączono izolowane od ziemi źródło napięcia 1-f 230V. Dzięki temu przeprowadzono pomiary w układzie z pracującym licznikiem energii elektrycznej (próba pod napięciem). Na przeciwnym krańcu linii zainstalowano przyłącze kablowe w obudowie OPS 26 + OPS 24 zgodnie ze schematem zamieszczonym na rys. 3. Podczas próby zarejestrowano przebieg napięcia na wejściu licznika energii elektrycznej oraz prąd na wyjściu generatora - rys. 5.



Rys. 5. Przebieg napięcia L1-PEN na wejściu licznika energii elektrycznej (CH1) oraz prądu na wyjściu generatora (CH2)

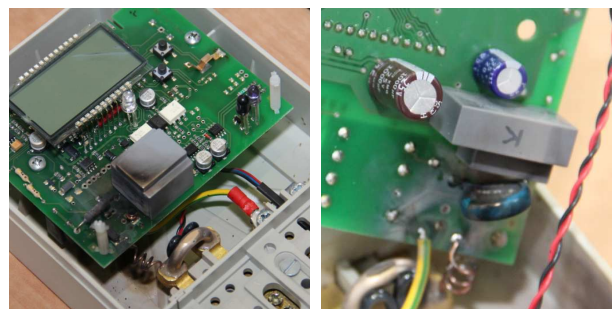
W wyniku przeprowadzonej próby doszło do eksplozji zainstalowanego warystorowego ogranicznika przepięć, bezpiecznika mocy i topikowego w przyłączy. Zaobserwowano również uszkodzenie licznika energii elektrycznej. Na kolejnych rysunkach zaprezentowano zdjęcia poklatkowe wykonane podczas badań.



Rys. 6. Eksplozja liniowego ogranicznika przepięć



Rys. 7. Zdjęcia poklatkowe licznika energii elektrycznej podczas badań



Rys. 8. Uszkodzony licznik energii elektrycznej



Rys. 9. Zniszczone bezpieczniki

Po zakończeniu testów, wymianie zniszczonych bezpieczników zaobserwowano, że licznik energii elektrycznej pomimo uszkodzenia w dalszym ciągu dostarcza energię elektryczną do odbiorcy nie pełniąc swojej funkcji kontrolno-rozliczeniowej.

4. WNIOSKI

Podsumowując przeprowadzone badania należy zauważyć, iż najbliższym czasie zakłady energetyczne staną przed koniecznością wymiany liczników energii elektrycznej. Bodźcem do działania jest zmieniające się prawo i postęp technologiczny. Minimalizacja kosztów własnej działalności będzie wymagała od dostawców energii zwiększenia niezawodności sprzętu im podległego. Należy również zauważyć, że w niedalekiej przyszłości odczyt energii elektrycznej

będzie prowadzony zdalnie. Stąd też problem właściwej ochrony liczników przed przepięciami w niedalekiej przyszłości będzie miał coraz większe znaczenie.

Należy zauważyć, iż stosowanie ograniczników przepięć typu 2 do ochrony przyłączy napowietrznych jest niewystarczające. Ta błędna i często stosowana praktyka w zakładach energetycznych może w przyszłości doprowadzić do lawinowo rosnących strat związanych z koniecznością wymiany liczników energii elektrycznej. Jest ona również sprzeczna ze strefową koncepcją ochrony odgromowej i przepięciowej [1].

BIBLIOGRAFIA

1. Sowa A.W.: Kompleksowa ochrona odgromowa i przepięciowa. Wydanie II poprawione. Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP. Warszawa 2005.
2. DEHN + SÖHNE. Lightning Protection Guide. Neumarkt Germany 2007.
3. IEC 61312-1:1995. Protection against lightning electromagnetic impulse - Part 1: General principles.
4. IEC 62305-1:Ed2:2010-12. Protection against lightning – Part 1: General principles.
5. ANSI/IEEE Std 81-1983 - IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System.

ENERGY METERS DAMAGES AS A RESULT OF INPROPER SURGE PROTECTION DEVICES SELECTION

Paper describes overvoltage hazard for energy meters. Study were made for circuit that consist of overhead transmission line, low voltage power supply, high voltage current surge generator, surge protection device (SPD) and energy meter. Typical lightning surge current (3 kA; 10/350 μ s) where produced by generator and conducted to line. Test were provided for fully functional circuit supplied from isolated from ground power source. As a result of that explosion of SPD were observed. Also energy meter were damaged. Investigation proves that SPD class 2 are not sufficient for energy meter protection which are supplied from overhead transmission lines.

Key-words: lightning protection, energy meters, surge protection devices, SPD