

Karol WOLSKI

OCENA ZEROWANIA JAKO ŚRODKA DODATKOWEJ OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA

Streszczenie. W artykule przedstawiono przyczyny niedostosowania zerowania do współczesnych wymagań technicznych i normatywnych w zakresie poprawnej pracy odbiorników oraz skutecznego działania ochrony przeciwporażeniowej. Wskazano na konieczność stosowania sieci niskiego napięcia typu TN-S oraz wyłączników przeciwporażeniowych różnicowo - prądowych.

APPRECIATION OF NEUTRAL CONDUCTOR USING IN LOW-VOLTAGE INSTALLATIONS

Summary. The paper presents the reasons of neutral conductor's using inadequacy to the contemporary technical requirements and standards in the field of correct operating the electrical receivers, and effective functioning of protective devices. A necessity of applying the TN-S low - voltage networks, and residual-current circuit breakers, is shown.

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЗАНУЛЕНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИНСТАЛЯЦИЯХ

Резюме. В статье показаны причины несоответственности зануления с современными техническими и нормативными требованиями в области правильной работы приемников и эффективного действия устройств защиты. Указана необходимость применения низковольтных сетей типа TN-S и дифференциально - токовых выключателей.

1. WPROWADZENIE

Zerowanie jest powszechnym środkiem dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej stosowanym dla odbiorników przemysłowych i komunalnych, zasilanych z sieci trójfazowych o napięciu 380 V (0,4 kV). Powszechność stosowania zerowania wynika z prostoty wykonania oraz niskiego kosztu. Aktualnie dają się zauważyć negatywne cechy zerowania, szczególnie przy stosowaniu tego środka dodatkowej ochrony dla czułych na jakość energii

odbiorników oraz przy powiększaniu wymagań skutecznego działania ochrony przeciwporażeniowej [2]. Poniżej przedstawiono negatywne oddziaływania zerowania na pracę odbiorników oraz na skuteczność ochrony przeciwporażeniowej w zależności od rodzaju sieci zasilającej.

2. ZEROWANIE W SIECI TRÓJFAZOWEJ 0,4 kV TYPU TN-C

Sieć 0,4 kV typu TN-C jest czteroprzewodowa, w której przewód neutralny N pełni dodatkowo funkcję przewodu ochronnego PE. Zerowanie polega na połączeniu metalowej obudowy odbiornika z przewodem neutralno-ochronnym sieci PEN za pomocą przewodu ochronnego PE (rys. 1).

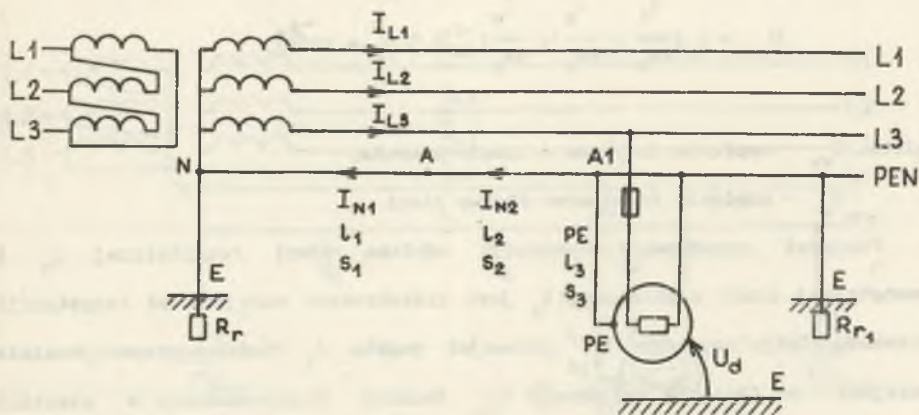
W czasie normalnej pracy sieci - przy niesymetrycznym obciążeniu - przewodami: PEN sieci rozdzielczej l_1 oraz wewnętrznej linii zasilającej l_2 , popłyną odpowiednio prądy I_{N1} i I_{N2} , wywołując na nich spadek napięcia. Potencjał punktu A_1 przewodu PEN jest równy spadkowi na przewodzie neutralno-ochronnym od punktu gwiazdowego transformatora do punktu A_1 . W wyniku zerowania na obudowie odbiornika pojawi się napięcie dotykowe U_{dr} , równe potencjałowi punktu A_1 :

$$U_{dr} = V_{A1} = I_{N1} \frac{l_1}{\gamma S_1} + I_{N2} \frac{l_2}{\gamma S_2} \quad \text{V,}$$

gdzie: U_{dr} - napięcie dotykowe robocze.

Reaktancję X_L obwodu pominięto, gdyż w obwodach instalacyjnych niskiego napięcia $R_L \gg X_L$.

W każdym punkcie sieci napięcie dotykowe będzie inne, tym większe, im dalej od transformatora będzie podłączony odbiornik; napięcie to będzie się zmieniało wraz ze zmianami prądów I_{N1} i I_{N2} .



Rys. 1. Zerowanie w sieci trójfazowej typu TN-C

l_1 - przewód neutralno-ochronny sieci rozdzielczej PEN; l_2 - przewód neutralno-ochronny wewnętrznej linii zasilającej PEN; l_3 - przewód ochronny instalacji odbiorczej PE; R_r , R_{r1} - uzziemienie robocze sieci

Fig. 1. Neutralization in the three-phase network type TN-C

l_1 - the neutral protection cable of the distribution network PEN; l_2 - the neutral protection cable of the internal supply network PEN; l_3 - the protection cable of the receiving installation

Jak wynika z pomiarów przeprowadzonych w sieciach zasilających laboratorium Politechniki Śląskiej, napięcia dotykowe w czasie normalnej pracy instalacji występują w dłuższym przedziale czasowym, zaś ich wartość zmienia się, nie przekraczając jednak 10 V [1].

W czasie zwarcia jednofazowego w odborniku (rys. 1), w obwodzie: transformator, przewód fazowy L3, miejsce zwarcia, przewody PE i PEN - popłynie prąd zwarcia, który powinien samoczynnie odłączyć uszkodzony odbiornik w odpowiednio krótkim czasie (do 0,2 s lub do 5,0 s) [2]. Prąd zwarciovowy wywołuje spadek napięcia na przewodach l_1 , l_2 i l_3 równy napięciu dotykowemu:

$$U_{dz} = I_z \left(\frac{l_1}{\gamma S_1} + \frac{l_2}{\gamma S_2} + \frac{l_3}{\gamma S_3} \right) < 0,5 U_L = 110 \text{ V}$$

gdzie: U_{dz} - napięcie dotykowe w czasie zwarcia,

U_L - napięcie znamionowe fazy sieci.

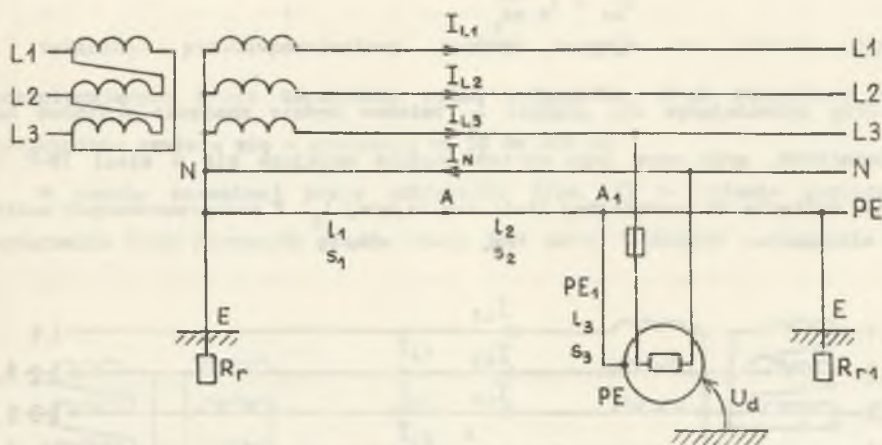
Ponieważ wypadkowa rezystancja odcinka sieci rozdzielczej l_1 i wewnętrznej linii zasilającej l_2 jest kilkakrotnie mniejsza od rezystancji przewodu instalacyjnego l_3 , potencjał punktu A_1 będzie proporcjonalnie mniejszy od napięcia dotykowego U_{dz} . Badania przeprowadzone w sieciach zasilających wspomniane laboratoria wykazały, że potencjał punktu A_1 nie przekracza wartości $U_{dz1} < 22 \text{ V}$. Potencjał punktu A_1 zostanie rozprowadzony przewodem PEN do wszystkich nieuszkodzonych zerowanych odbiorników, na których krótkotrwale pojawi się napięcie dotykowe o wartości $U_{dz1} < 22 \text{ V}$.

3. ZEROWANIE W SIECI TRÓJFAZOWEJ 0,4 kV TYPU TN-S

Sieć 0,4 kV typu TN-S jest pięcioprzewodowa, gdyż zachodzi w niej rozdział przewodu PEN na dwa: neutralny N i ochronny PE. Zerowanie polega na połączeniu metalowej obudowy odbiornika z przewodem ochronnym sieci PE za pomocą przewodu ochronnego PE1 (rys. 2).

W czasie normalnej pracy sieci przez przewód ochronny prąd nie płynie, więc potencjał punktu A_1 równa się zeru. Zatem i napięcie dotykowe na odbiornikach nie występuje. W czasie zwarcia w odbiorniku w obwodzie zwarciovym popłynie prąd zwarcia, który spowoduje takie same skutki, jak w sieci TN-C. Napięcia dotykowe wystąpią krótkotrwale:

- na uszkodzonym odbiorniku o wartości $U_{dz} < 110 \text{ V}$,
- na pozostałych nieuszkodzonych odbiornikach o wartości $U_{dz1} < 22 \text{ V}$.



Rys. 2. Zerowanie w sieci trójfazowej typu TN-S

l_1 - przewód ochronny sieci rozdzielczej PE; l_2 - przewód ochronny wewnętrznej linii zasilającej; l_3 - przewód ochronny odbiornika PE1.

Fig. 2. Neutralization in the network type TN-S

l_3 - the protection cable of the receiver PE1

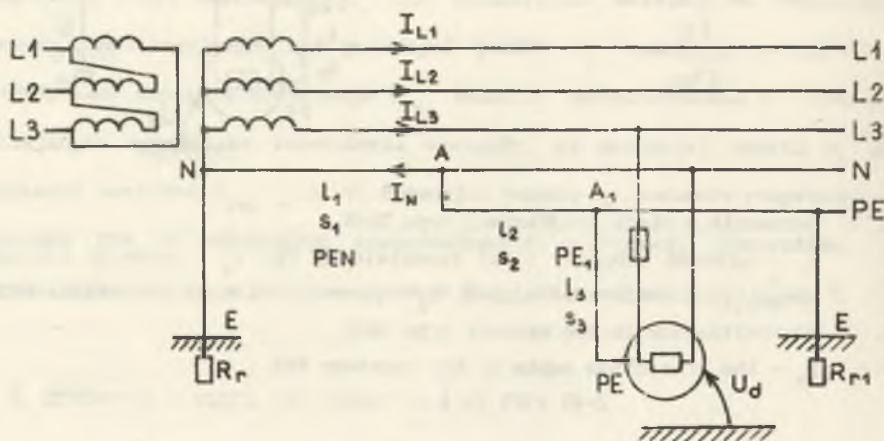
4. ZEROWANIE W SIECI TRÓJFAZOWEJ TYPU TN-C-S

Sieć 0,4 kV typu TN-C-S jest na odcinku sieci rozdzielczej l_1 czteroprzewodowa, zaś trójprzewodowa w wewnętrznej linii zasilającej i instalacji odbiorczej. Zerowanie polega na połączeniu metalowej obudowy odbiornika z przewodem ochronnym sieci PE za pomocą przewodu ochronnego PE1 (rys. 3).

W czasie normalnej pracy sieci, przy niesymetrycznym obciążeniu, przewodem PEN płynie prąd I_N . Potencjał punktu A sieci równy jest spadkowi napięcia na przewodzie PEN odcinka sieci rozdzielczej od punktu gwiazdowego transformatora do punktu A. W wyniku zerowania na obudowie odbiornika pojawi się napięcie dotykowe U_{dr} równe potencjałowi punktu A:

$$U_{dr} = I_N \frac{l_1}{\gamma S_1}$$

Przy zmieniającym się prądzie I_N zmienne będzie napięcie dotykowe na odbiornikach, przy czym jego wartość będzie mniejsza niż w sieci TN-C o spadek napięcia na wewnętrznej linii zasilającej l_2 . Z przeprowadzonych badań



Rys. 3. Zerowanie sieci trójfazowej typu TN-C-S

l_1 - przewód neutralno-ochronny sieci rozdzielczej PEN; l_2 - przewód ochronny wewnętrznej linii zasilającej PE; l_3 - przewód ochronny odbiornika PE1

Fig. 3. Neutralization in the network type TN-C-S

eksperymentalnych w sieci i instalacji Politechniki wynika, że $U_{dr} < 3$ V, zmienia się i utrzymuje się długotrwale.

W czasie zwarcia w odbiorniku, w obwodzie zwarciovym popłynie prąd zwarcia, który wywołuje takie same skutki, jak w sieci TN-C. Napięcia dotykowe wystąpią krótkotrwale:

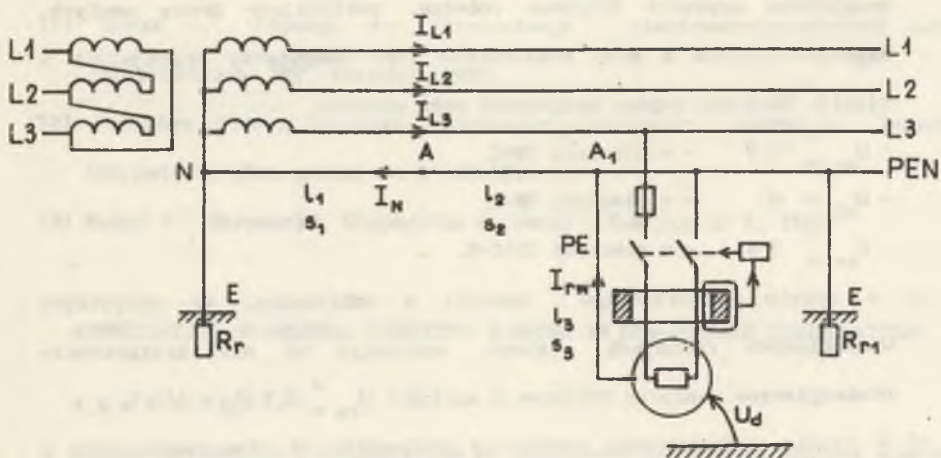
- na uszkodzonym odbiorniku o wartości $U_{dz} < 110$ V,

- na pozostałych nieuszkodzonych odbiornikach o wartości $U_{dz1} < 22$ V.

5. ZASTOSOWANIE WYŁĄCZNIKA PRZECIWPORAŻENIOWEGO PRĄDOWEGO

Wyłącznik przeciwporażeniowy prądowy reaguje na różnicę prądów przepływających przez toroidalny rdzeń wyłącznika. Prąd rozruchowy tych wyłączników zawiera się w granicach od 10 do 300 mA.

W czasie normalnej pracy odbiornika (rys. 4) w członie pomiarowym wyłącznika suma płynących prądów równa jest zeru. W czasie uszkodzania się



Rys. 4. Zastosowanie jednofazowego indywidualnego wyłącznika przeciwporażeniowego prądowego. I_{rw} - prąd rozruchu wyłącznika

Fig. 4. The application of the one-phase, individual, residual-current circuit breaker

izolacji odbiornika, w obwodzie: transformator, przewód fazowy, miejsce uszkodzenia się odbiornika, przewody PE i PEN popłynie prąd, który zostanie zmierzony przez członek pomiarowy wyłącznika. Jeżeli wartość tego prądu będzie nieco większa od prądu rozruchowego wyłącznika, to uszkodzający się odbiornik zostanie automatycznie wyłączony. Napięcie dotykowe U_{dz} wywołane przepływem prądu rozruchu wyłącznika przez przewody PE i PEN, przy, np. $R_1 = 1 \Omega$, wyniesie $U_{dz} < 0,3$ V. Wyłącznik przeciwporażeniowy prądowy praktycznie

eliminuje napięcia dotykowe U_{dz} występujące w czasie zwarcia. Nie eliminuje natomiast napięć dotykowych U_{dr} występujących w czasie normalnej pracy odbiorników.

6. WNIOSKI

- a) W czasie normalnej pracy sieci trójfazowej 0,4 kV na zerowanych metalowych obudowach odbiorników występują długotrwałe zmieniające się, bezpieczne napięcia dotykowe robocze, zakłócające pracę czułych, współpracujących z sobą odbiorników (np. komputerów pracujących w sieci). Wartości napięć dotykowych mogą wynosić:
 - $U_{dr} < 10 \text{ V}$ - w sieciach TN-C,
 - $U_{dr} = 0$ - w sieciach TN-S,
 - $U_{dr} < 3 \text{ V}$ - w sieciach TN-C-S.
- b) w czasie jednofazowego zwarcia w odbiorniku, we wszystkich wymienionych rodzajach sieci, występuje na nim krótkotrwałe niebezpieczne napięcie dotykowe o wartości $U_{dz} < 0,5 U_L = 110 \text{ V}$.
- c) W czasie jednofazowego zwarcia w odbiorniku na nieuszkodzonych, a zerowanych odbiornikach występuje krótkotrwałe, bezpieczne napięcie dotykowe o wartości $U_{dz1} < 22 \text{ V}$.
- d) Wyeliminowanie długotrwałych napięć dotykowych roboczych jest możliwe po zastosowaniu sieci typu TN-S.
- e) Wyeliminowanie krótkotrwałych, bezpiecznych i niebezpiecznych napięć dotykowych w czasie zwarcia jest możliwe po zastosowaniu wyłączników przeciwporażeniowych prądowych (indywidualnych, grupowych, lub centralnych).
- f) Ze względu na występowanie niebezpiecznych napięć dotykowych w czasie zwarcia, zerowanie nie powinno być stosowane jako samodzielny środek

dodatkowej ochrony, ale powinno występować jako środek pomocniczy, umożliwiający działanie wyłączników przeciwporażeniowych prądowych.

Recenzja: prof. dr hab. inż. Janusz Horak

Wpłynęło do redakcji dnia 27 stycznia 1992 r.

LITERATURA

- [1] Horak J., Popczyk J.: Eksploatacja elektroenergetycznych sieci rozdzielczych. WNT, Warszawa 1985.
- [2] Przepisy Budowy Urządzeń Elektroenergetycznych. Zeszyt 6, Instytut Energetyki, stan prawny na 31.03.1991 r.
- [3] Hasny J.: Zerowanie. Gospodarka Paliwami i Energią nr 1, 1987.

APPRECIATION OF NEUTRAL CONDUCTOR'S USING IN LOW-VOLTAGE INSTALLATIONS

A b s t r a c t

Neutralization is a common means of additional protection against electric shock, applied to low-voltage industrial and municipal receivers. The receivers are supplied by a three-phase network type TN-C, of voltage 0.4 kV. Neutralization is commonly used because of its simplicity and low price. The application of neutralization causes the occurrence of different electric potentials on the receivers' casings. This occurrence disturbs the correct work of sensitive receivers, e.g. computer networks. In the case of the non-balanced networks (fig. 1), the current in the PEN cable causes a different and changeable potential on the PEN cable. The potential V_A is transferred to the casing of the receiver through the protection cable PE. The elimination of the afore-mentioned interference is obtained by the application of the network type TN-S, which has separate cables: neutral (N) and protection (PE) (fig. 2). Neutralization prevents electric shock due to a

quick and automatic shut-off. The quick and automatic shut-off makes the neutralization more efficient. Nevertheless, this shutting-off causes dangerous voltage on the damage receiver's casing; in the network of 0.4 kV, for example, this voltage may reach 110 V. This danger completely disqualifies the neutralization as the only means of protection against electric shock. A useful but expensive solution is to apply a residual-current circuit breaker to all receivers requiring additional protection.

Conclusion: A safe industrial or municipal receiver is a receiver supplied from the network type TN-S with application of the residual-current circuit breaker.