

Karol WOLSKI

### WPLYW SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ NA LOKALNE SIECI KOMPUTEROWE

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono sposoby przenoszenia zakłóceń napięciowych, powstających w sieci elektroenergetycznej zasilającej na lokalne sieci komputerowe wykonane przewodami typu skretka lub kablami koncentrycznymi. Wskazano na skutki zakłóceń oraz na możliwości ich likwidacji przez stosowanie odpowiedniej struktury sieci zasilającej, np. typu TN-S i wyłączników przeciwporażeniowych, prądowych.

### THE INFLUENCE OF POWER SUPPLY NET ON LOCAL COMPUTER NETWORKS

**Summary.** Some means of the transmission of the voltage disturbance are presented in the paper. These disturbance are generated in the power supply network and influence local computer network made out of the telephonic or concentric cables. Effects of disturbances and means of their avoiding through applying the correct supply network structure type "TN-S" and electric shock, current circuit breaker are discussed.

### ВЛИЯНИЕ ПИТАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ЛОКАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

**Резюме.** В статье приведены возможности переноса помех напряжения, возникающих в питающей электрической сети, на локальные компьютерные сети, в которых соединения выполнены с помощью свертка проводов или коаксиального кабеля. Указаны результаты помех и возможности их устранения путем применения соответствующей структуры питающей сети, например, типа TN-S, и предохранительных токовых выключателей.

## 1. WPROWADZENIE

Intensywne stosowanie techniki komputerowej w administracji i przemyśle doprowadza wielokrotnie do sytuacji, w której sieć komputerowa (EE) nie tylko nie spełnia swojej podstawowej funkcji polegającej na niezawodnym zasilaniu urządzeń w energię elektryczną, lecz staje się źródłem zakłóceń powodujących wadliwą pracę tych urządzeń. Podstawowym powodem złej współpracy sieci komputerowej z siecią EE jest fakt, iż to, co dla sieci EE jest wielkością bez znaczenia, np. prądy rzędu miliamperów, dla sieci komputerowej stanowi wartość zagrożeniową.

W artykule wskazano na podstawowe nieprawidłowości występujące w procesie instalowania komputerów oraz na możliwości dobrej współpracy sieci komputerowej z siecią EE zasilającą.

## 2. CHARAKTERYSTYKA SIECI KOMPUTEROWEJ

### 2.1. Rodzaje sieci komputerowych

Siecią komputerową nazywa się zespół urządzeń służących do połączenia ze sobą co najmniej dwóch komputerów bądź urządzeń peryferyjnych celem zapewnienia racjonalnej współpracy komputerów i ludzi uzyskując lepsze wykorzystanie sprzętu i oprogramowania. W zależności od rodzaju i zakresu świadczonych usług wyróżnia się trzy rodzaje lokalnych sieci komputerowych: a) administracyjne, b) inżynierskie, c) technologiczne. Sieci te mogą pracować w pięciu rodzajach topologii: magistralnym, pierścieniowym, gwiazdowym, drzewiastym i swobodnym. Do przesyłu informacji pomiędzy urządzeniami komputerowymi stosuje się trzy rodzaje łączy transmisyjnych: a) przewody typu skrętka, b) kable koncentryczne, c) światłowody. Każde z wymienionych łączy charakteryzuje się różnymi właściwościami technicznymi i eksploatacyjnymi. Podstawowe dane łączy transmisyjnych zestawiono w tabelicy 1.

Z analizy danych zamieszczonych w tabelicy 1 wynika, że najlepsze łączy to łączy światłowodowe, odporne na wszelkie zakłócenia, również te od sieci EE, ale bardzo drogie. W większości przypadków lokalnych sieci komputerowych stosowane są przewody typu skrętka i kable koncentryczne i tak wykonane sieci komputerowe są przedmiotem dalszych rozważań.

Tablica 1

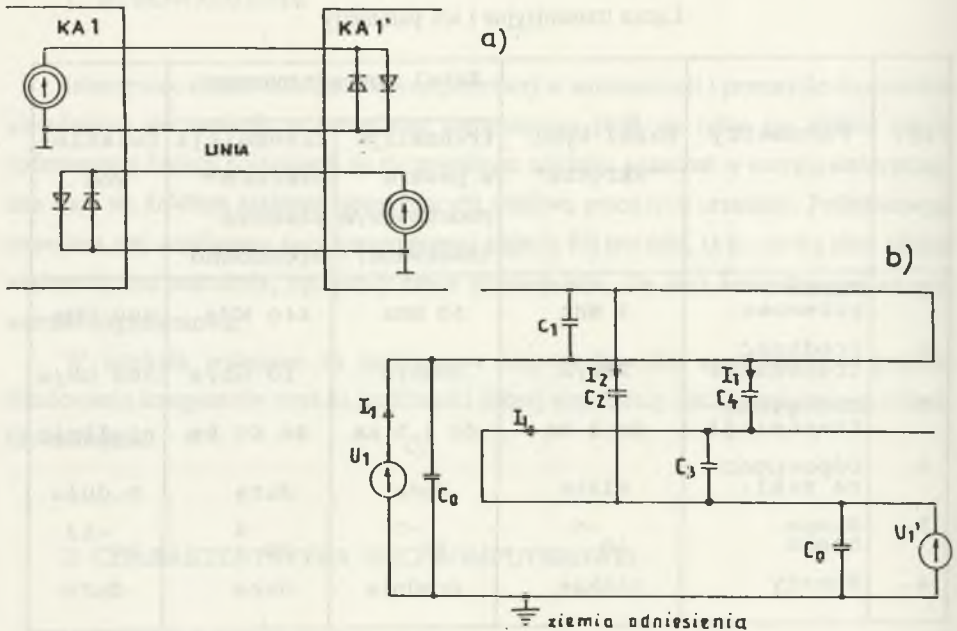
## Łącza transmisyjne i ich parametry

Lp.	Parametry	Kabel typu "skrętka"	Kabel koncentryczny		Światłowód
			transmisja w pasmie podstawowym (Baseband)	transmisja szeroko- pasmowa Broadband	
1.	Pasmo przenosz.	3 MHz	50 MHz	440 MHz	300 GHz
2.	Prędkość transmisji	2Mb/s	50Mb/s	10 Gb/s	200 Gb/s
3.	Odległość transmisji	do 1 km	do 1,5 km	do 60 km	nielimit
4.	Odporność na zakł.	słaba	duża	duża	b. duża
5.	Stopa błędu	-5 10	-7 10	-9 10	-12 10
6.	Koszty	niskie	średnie	duże	duże

## 2.2. Lokalne sieci administracyjne

To sieci o topologii gwiazdистой, których budowa oparta jest na przewodach typu skrętka z niewielką szybkością transmisji i małą odpornością na zakłócenia. W sieci tej jeden główny komputer, nazywany serwerem, współpracuje z wieloma terminalami rozłożonymi na obsługiwany obszarze. Transmisja sygnałów dokonywana jest za pomocą konwertera asynchronicznego działającego na zasadzie pętli prądowej. Pomimo stosowania izolacji galwanicznej pomiędzy terminalami a komputerem, oddzielającej te dwa urządzenia, nie ma izolacji między masami sygnałowymi wyprowadzonymi z tych urządzeń a przewodami roboczymi. Ponieważ może występować różnica potencjałów [3] na przewodzie neutralnym, ochronnym w sieci EE zasilającej, np. typu TN-C, potencjały te przenoszą się na przewody robocze sieci komputerowej. W wyniku istnienia pojemności własnej przewodów typu skrętka (rys. 1) płyną prądy pojemnościowe, zakłócające współpracę komputera z terminalami.

Na rys. 1 przedstawiono połączenie dwóch urządzeń za pomocą pętli prądowej zasilanych z sieci EE typu TN-C, w której na masach urządzeń występuje różnica potencjałów, która może wynosić: ok. 10 V - przez dłuższy czas i ok. 110 V - chwilowo (maks. do 5s) [3].



Rys. 1. Połączenie dwóch komputerów przewodami typu skętka: a) schemat pracy dwóch pętli prądowych, b) schemat zastępczy linii transmisyjnej  
 Fig. 1. Connection of the two computers with the cables type telephone: a) scheme of the two current circles, b) equivalent scheme of the transmission line

Przewody typu skętka mają średnicę żył od 0,4 do 0,6 mm. Przyjmując wartość średnią, równą  $d = 0,5$  mm, można obliczyć jednostkową pojemność  $C'$  przewodu typu skętka z wyrażenia

$$C' = \frac{\pi \epsilon_r \epsilon_0}{\ln \frac{b}{a}} \quad [\text{F/m}] , \quad (1)$$

w którym:

- $\epsilon_0$  - przenikalność elektryczna próżni -  $8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m,
- $\epsilon_r$  - przenikalność elektryczna względna ośrodka - 2,38 ,
- $b$  - odległość pomiędzy średnicami przewodów - 1,0 mm,
- $a$  - promień żyły - 0,25 mm.

Wstawiając podane wartości do wyrażenia (1) otrzymuje się:  $C' = 47,6$  [pF/m], a  $X_c' = 66,9$  [M $\Omega$ /m]. Prąd pojemnościowy, zakłócający sygnały przesyłane łączem typu skrętka o długości 2000 m, wynosi:

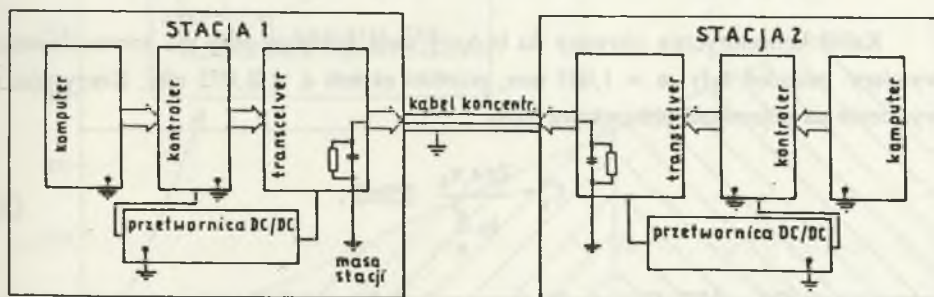
przy  $U = 10$  V,  $I_1 = 0,3$  mA,

przy  $U = 110$  V,  $I_1 = 3,3$  mA.

Prąd polaryzujący o wartości 1 mA zakłóca transmisję sygnałów, prąd o wartości 5 mA blokuje pętlę prądową, natomiast prąd o wartości 15 mA powoduje przepalenie się diody elektroluminescencyjnej. Prąd pojemnościowy przepływając przez diodę elektroluminescencyjną powoduje jej wstępną polaryzację i "gubienie" przesyłanych impulsów.

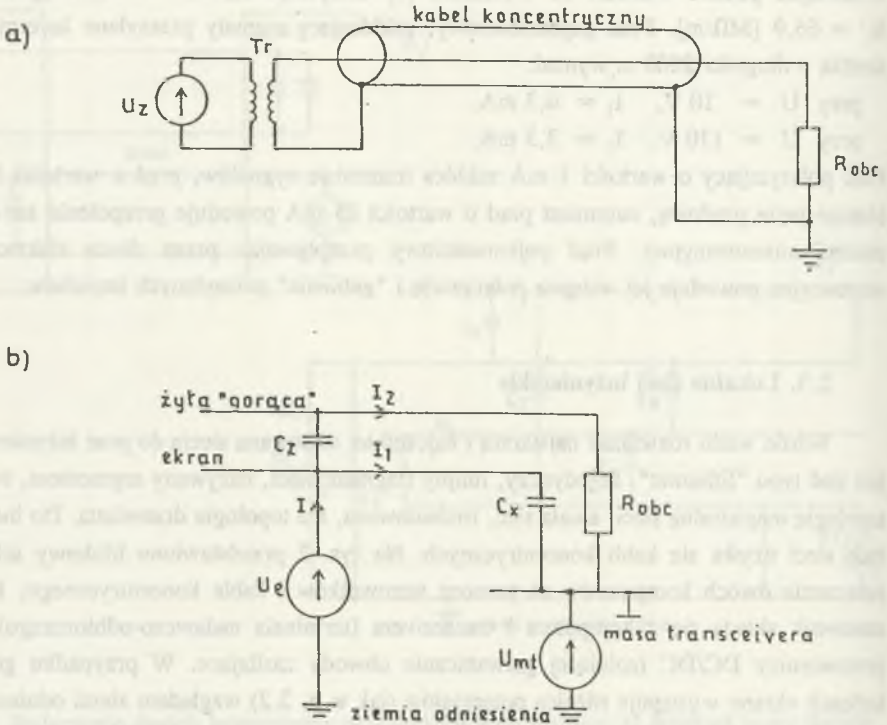
### 2.3. Lokalne sieci inżynierskie

Wśród wielu rozwiązań najstarszą i najczęściej stosowaną siecią do prac inżynierskich jest sieć typu "Ethernet". Pojedynczy, liniowy fragment sieci, nazywany segmentem, tworzy topologię magistralną sieci, a cała sieć, rozbudowana, ma topologię drzewiastą. Do budowy tych sieci używa się kabli koncentrycznych. Na rys. 2 przedstawiono blokowy schemat połączenia dwóch komputerów za pomocą sterowników i kabla koncentrycznego. Każdy sterownik składa się z komputera i transceivera (terminala nadawczo-odbiorczego) oraz przetwornicy DC/DC izolującej galwanicznie obwody zasilające. W przypadku gdy na końcach ekranu występuje różnica potencjałów (jak w p. 2.2) względem ziemi odniesienia, wówczas zgodnie ze schematem zastępczym przedstawionym na rys. 3b płyną prądy pojemnościowe wywołujące na rezystorze obciążenia napięcie zakłócające normalną transmisję sygnałów.



Rys. 2. Schemat blokowy połączenia dwóch komputerów kablem koncentrycznym

Fig. 2. Block scheme of the connection of two computers with the concentric cable



Rys. 3. Transmisja sygnału w kablu koncentrycznym: a) układ pracy kabla koncentrycznego, b) schemat zastępczy układu transmisji

Fig. 3. Transmission of the signal in the concentric cable: a) concentric cable system, b) equivalent scheme of the transmission system

Kabel koncentryczny używany do budowy sieci komputerowej ma znormalizowane wymiary: promień żyły  $a = 1,085$  mm, promień ekranu  $d = 3,075$  mm. Korzystając z wyrażenia na pojemność jednostkową kabla

$$C_z' = \frac{2\pi\epsilon_r\epsilon_0}{\ln \frac{d}{a}} \quad [\text{F/m}], \quad (2)$$

otrzymuje się  $C_z' = 127$  pF/m, co dla dopuszczalnej długości linii kablowej równej 500 m, daje pojemność kabla  $C_z = 63500$  pF, natomiast reaktancja pojemnościowa  $X_{cz} = 50,2$  k $\Omega$ . Zgodnie z obowiązującymi normami na połączeniu stacji komputerowej z kablem koncentrycznym wymagana jest rezystancja obciążenia o wartości  $R_{obc} = 100$  k $\Omega$ . W wyniku impedancja (moduł) równa jest  $Z = 111,89$  k $\Omega$ .

Prąd pojemnościowy, zakłócający, wynosi

$$I_1 = \frac{U}{Z} \approx 0,9 \cdot 10^{-5} U, \quad (3)$$

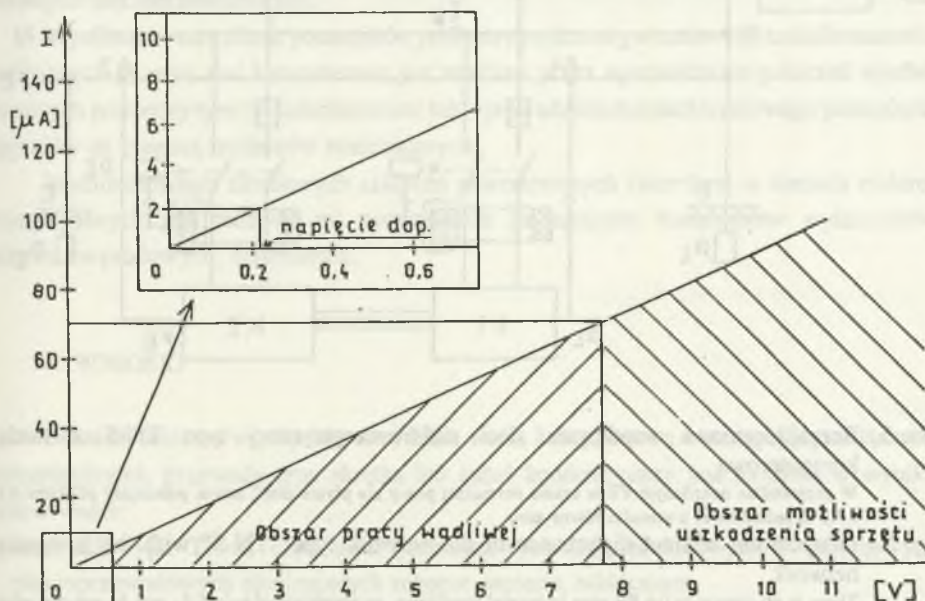
a stąd

$$U \approx 11200 I_1 \text{ [V]}.$$

Dopuszczalne napięcie ekranu względem masy stacji przy prądzie dopuszczalnym  $I_1 = 2 \mu\text{A}$  wynosi:

$$U = 11200 I_1 = 11200 \cdot 0,000002 = 0,22 \text{ V}.$$

Na rys. 4 przedstawiono zależność prądu polaryzującego w funkcji napięcia wejściowego w sieci "ETHERNET". Warunki narzucone na transceiver wskazują, że powinien on pracować prawidłowo przy prądach polaryzujących o wartościach do  $50 \mu\text{A}$ . Należy zatem przyjąć, iż prądy większe mogą powodować zakłócenia w transmisji sygnałów, a przy dalszym wzroście prądów polaryzujących napięcie na rezystancji wejściowej może zniszczyć obwody wejściowe. Powyżej 5 V występuje blokowanie pracy transceiverów, a przy 10 V następuje spalanie obwodów wejściowych.



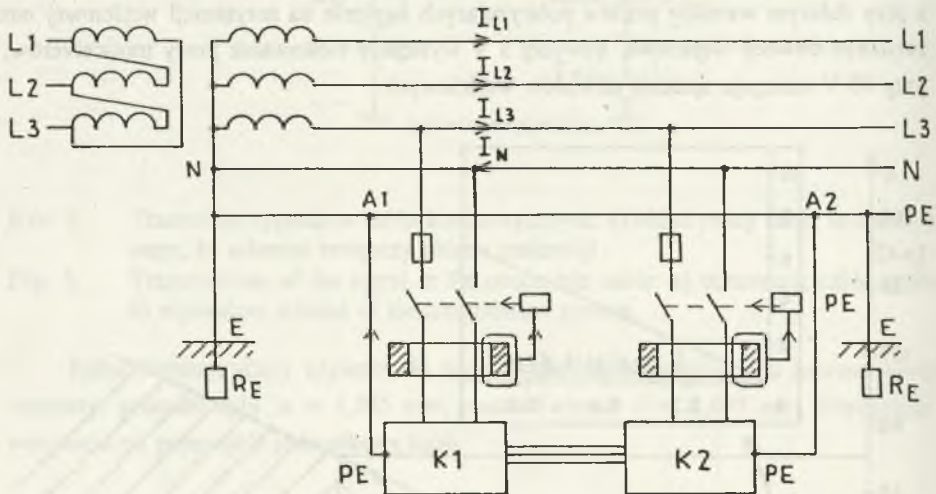
Rys. 4. Przedziały napięć zakłócających w sieci "ETHERNET"

Fig. 4. The intervals of the interference voltage in the network "ETHERNET"

### 3. CHARAKTERYSTYKA SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ

#### 3.1. Rodzaje sieci niskiego napięcia

Sieć EE niskiego napięcia zasilająca komputery to przeważnie sieć typu TN pracująca z uziemionym punktem gwiazdowym transformatora i charakteryzująca się dużym prądem 1-fazowego zwarcia. Przy 1-fazowych odbiornikach (komputerach) prawie zawsze dochodzi do niesymetrycznego obciążenia faz sieci trójfazowej, a zatem w przewodzie neutralnym płynie prąd roboczy. Prąd ten w każdym punkcie przewodu neutralnego wytwarza inny potencjał, a różnica potencjałów może dochodzić do 10 V. Dlatego siecią przystosowaną do bezzakłócenowego zasilania komputerów może być wyłącznie sieć typu TN-S (rys. 5). Jak wspomniano, w sieci tej w warunkach zakłóceń pracy sieci, przy przepływie prądu zwarcia, na przewodzie neutralnym mogą powstać niebezpieczne napięcia krótkotrwałe. Ich wyeliminowanie jest możliwe po zainstalowaniu wyłącznika przeciwporażeniowego prądowego na zasilaniu każdego komputera lub zainstalowaniu jednego centralnego wyłącznika przeciwporażeniowego dla wszystkich komputerów pracujących w sieci lokalnej.



Rys. 5. Bezzakłócenowa współpraca sieci elektroenergetycznej typu TN-S z siecią komputerową

W przewodzie ochronnym PE w czasie normalnej pracy nie płynie prąd, zatem potencjały punktów A1 i A2 są jednakowe, a ponadto równe zero

Fig. 5. Cooperation without disturbance of the network type "TN-S" with the computer network

There is no current in the PE wire in normal conditions, so potentials of points A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub> are the same and equal zero



Podsumowując wybór sieci EE z omówionych w pracy [3] można powiedzieć, że wyeliminowanie roboczych spadków napięć dokonuje się poprzez zainstalowanie piątego przewodu ochronnego PE, natomiast wyeliminowanie chwilowych niebezpiecznych napięć zakłócających można zrealizować przez zastosowanie wyłączników przeciwporażeniowych prądowych.

### 3.2. Likwidacja zakłóceń od sieci elektroenergetycznych

Jak wynika z przeprowadzonych rozważań, można wyróżnić dwa rodzaje zakłóceń pochodzących od sieci elektroenergetycznych:

- a) występowanie napięć na przewodzie neutralnym ochronnym, powodujących powstawanie prądów polaryzujących w przewodach typu skrętka i w kablu koncentrycznym, zakłócających transmisję sygnałów w sieci komputerowej,
- b) występowanie różnych potencjałów punktów neutralnych transformatorów przy zasilaniu sieci komputerowej z co najmniej dwóch transformatorów. Występująca różnica potencjałów pomiędzy punktami gwiazdowymi transformatorów powoduje przepływ prądów polaryzujących zakłócających.

Jak wynika z przedstawionych w p. 3.1 oraz z pracy [3] rozważań, bezzakłóceniewe zasilanie energią elektryczną sieci komputerowych może być zrealizowane przez zastosowanie struktury sieci EE typu TN-S, to znaczy sieci 1-fazowych trójprzewodowych i sieci 3-fazowych pięcioprzewodowych.

Wyeliminowanie różnic potencjałów pomiędzy punktami gwiazdowymi transformatorów zasilających tę samą sieć komputerową jest możliwe przez wprowadzenie połączeń wyrównawczych pomiędzy tymi transformatorami lub wprowadzenie bezzakłóceniewego przesyłania sygnałów za pomocą modemów telefonicznych.

Wyeliminowanie chwilowych zakłóceń powodowanych zwarciami w sieciach elektroenergetycznych jest możliwe po zastosowaniu na zasilaniu komputerów wyłączników różnicowo-prądowych, ochronnych.

## 4. WNIOSKI

Bezzakłóceniewa współpraca sieci EE z siecią komputerową z następującymi łączami transmisyjnymi: przewody typu skrętka lub kabel koncentryczny jest możliwa w wyniku zastosowania:

- a) sieci EE typu TN-S, czyli sieci jednofazowych trójprzewodowych i trójfazowych pięcioprzewodowych eliminujących robocze napięcia zakłócające,
- b) wyłączników przeciwporażeniowych prądowych eliminujących niebezpieczne napięcia chwilowe, pochodzące od zwarc w sieciach EE,

- c) połączeń wyrównawczych pomiędzy punktami gwiazdowymi transformatorów zasilających rozległą sieć komputerową eliminujących robocze napięcia zakłócające,
- d) w ograniczonym zakresie, to znaczy, gdy na przewodzie PEN robocze napięcie zakłócające będzie mniejsze od 0,22 V, do zasilania sieci komputerowej może być zastosowana sieć typu TN-C-S [3],
- e) mając "duże pieniądze" łatwo jest wyeliminować zakłócenia w sieci komputerowej pochodzące od sieci EE w wyniku zastosowania połączeń światłowodowych lub modemów telefonicznych.

## LITERATURA

1. Grzywak A.: Lokalne sieci komputerowe mikrokomputerów personalnych. Skrypt Politechniki Śląskiej nr 1682, Gliwice 1992.
2. Henttke R.: Systemy mikroprocesorowe. WNT, Warszawa 1987.
3. Horak J., Popczyk J.: Eksploatacja elektroenergetycznych sieci rozdzielczych. WNT, Warszawa 1970.
4. Kurdziel R.: Podstawy elektrotechniki. WNT, Warszawa 1970.
5. Rojczyk L.: Analiza sieci elektroenergetycznej zasilającej systemu komputerowe. Praca dyplomowa, Politechnika Śląska, Gliwice 1993.
6. Wolski K.: Ocena zerowania jako środka dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria ELEKTRYKA nr 127, Gliwice 1992.
7. Zydorowicz T.: PC i sieci komputerowe. Wydawnictwo PLJ, Warszawa 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Janusz Horak

Wpłynęło do Redakcji dnia 22 marca 1994 r.

## Abstract

Low voltage network may consist of four cables/conductors, if it is a three-phase network or of two cables/conductors if it is a two-phase network.

The neutral cable/conductor has two functions in the networks:

- conducts work current resulting from asymmetric load of phases,
- guarantees effective protection against electric shock.

When protecting against electric shock, the neutral cable/conductor becomes neutral and protecting and is named PEN. It is shown that the voltage drop in the neutral cable/conductor equals up to 10 V for longer time or up to temporally.

Computers can have different potentials on their casings. Computers working in a network may be connected with telephone cables/conductors of unitary capacitance of 47,6 pF/m in local administration networks (Fig. 1), or with concentric cables/conductors of unitary capacitance of 127 pF/m in local engineering networks. In both cases, there will appear capacitive current in work cables/conductors, which will interfere the transmission signals. In local administration networks, the capacitive current will polarise electro-luminescence diodes which will cause loosing signals. In local engineering networks, e.g. ETHERNET type, the capacitive current causes appearance of dangerous voltage on a load resistance (Fig. 3 and 4).

Avoiding of dangerous influence of power supply net on a computer network is possible after implementing the following suggestions:

- additional cable/conductor (PE) to the power net, i.e. applying a net of type TN-S,
- supplying every computer by current anti-shock breaker,
- ompensation connections between neutral points of transformer supplying widespread computer network,
- light pipes, which eliminate all interferences coming from power net, but is very expensive today.