

*Czy słyszałeś, drogi Czytelniku, powiedzonko: elektryka prąd nie tyka? Czy jednak znasz jego drugą część: ...ale jak tyknie, to elektryk fiknie?*

*Pierwsza część tej dość prymitywnej rymowanki jest często przytaczana przez młodych, niedoświadczonych elektryków i elektroników. Niestety, nierzadko właśnie na nich spełnia się jego druga część. Zbytńa brawura, nieostrożność, lekceważenie podstawowych zasad, a może i niewiedza, są przyczyną groźnych wypadków.*

Nie pomyśl teraz, że będę przynudzał i wkładał ci do głowy jakieś przepisy BHP. Wiem, że już samo hasło "BHP" często wywołuje lekki uśmieszek. Nie spadłem z księżycy, znam te sprawy ze strony praktycznej: elektroniką zacząłem się interesować pod koniec podstawówki. Pamiętam, w szkole średniej był nawet przedmiot zwany BHP, który zresztą wszyscy totalnie lekceważyliśmy. W tym czasie zdarzało się już, że naprawiałem telewizory i inny sprzęt. Potem, po latach, pracowałem dziewięć lat w sporym państwowym zakładzie przemysłowym, i wiem, że niektórzy traktowali szkolenia z zakresu BHP bądź jako zło konieczne, bądź jako okazję do płatnej przerwy w pracy.

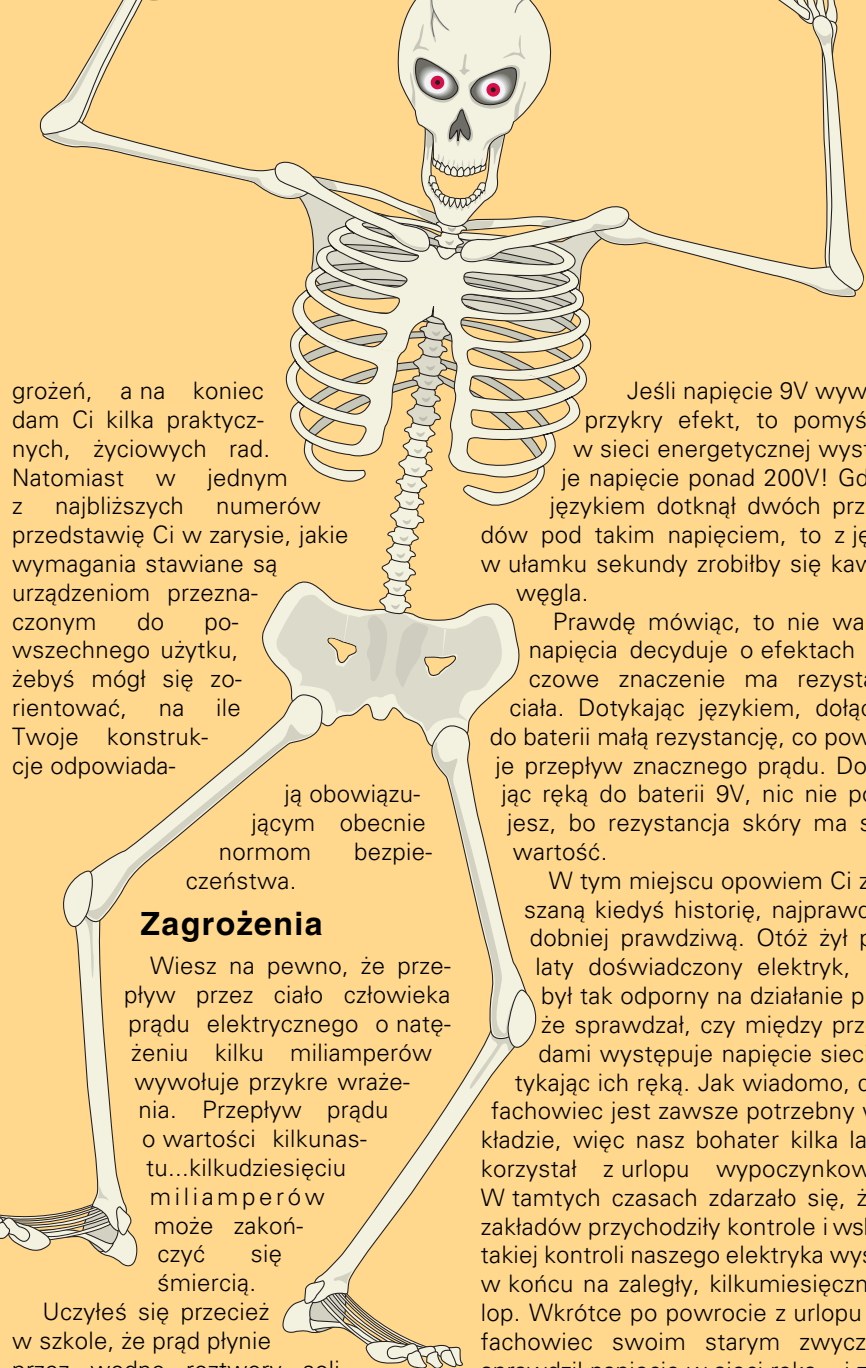
Teraz, po latach, mając pewne doświadczenia, chciałbym Cię po prostu ostrzec przed realnym niebezpieczeństwem.

Na początek muszę Ci się przyznać, że parę razy "popieścił" mnie prąd z sieci 220V - dobrze to pamiętam. Natomiast nie przypominam sobie, że bym miał jakieś przykre doświadczenia z obwodami wysokiego napięcia w odbiornikach telewizyjnych. Wiem tylko, iż jeden z moich szkolnych kolegów dotknął się kiedyś do obwodów z napięciem rzędu 7000 woltów. Miał szczęście - przeżył. Nie miał szczęścia inny kolega z pracy - przeszkolony elektryk z uprawieniami SEP. Nie zachowując ostrożności podłączał pompę elektryczną, która miała przebicie. Nie żyje.

Z prądem elektrycznym naprawdę nie ma żartów. Moment nieuwagi może kosztować życie. Dlatego, drogi Czytelniku, przeczytaj ten materiał do końca i potem stosuj wszystkie możliwe środki ostrożności.

Najpierw podam Ci kilka ogólnych informacji na temat działania prądu elektrycznego na organizm i najczęstszych za-

# Elektryka prąd nie tyka...



grożeń, a na koniec dam Ci kilka praktycznych, życiowych rad. Natomiast w jednym z najbliższych numerów przedstawię Ci w zarysie, jakie wymagania stawiane są urządzeniom przeznaczonym do powszechnego użytku, żebyś mógł się zorientować, na ile Twoje konstrukcje odpowiadają

obowiązującym obecnie normom bezpieczeństwa.

## Zagrożenia

Wiesz na pewno, że przepływ przez ciało człowieka prądu elektrycznego o natężeniu kilku miliamperów wywołuje przykre wrażenia. Przepływ prądu o wartości kilkunastu...kilkudziesięciu miliamperów może zakończyć się śmiercią.

Uczyłeś się przecież w szkole, że prąd płynie przez wodne roztwory soli i wiesz, co to jest elektroliza. Tymczasem każdy z nas (nawet Twoja ukochana dziewczyna), składa się z kilku wiader wody i pewnej ilości związków chemicznych.

Jeśli jeszcze nie próbowałeś, co to jest elektroliza w żywym organizmie, to dotknij językiem jednocześnie do obu biegunów małej baterijki 9V.

No i co? Szczypie! Długo nie wytrzymasz! Prawda?

Jeśli napięcie 9V wywołuje przykry efekt, to pomyśl, że w sieci energetycznej występuje napięcie ponad 200V! Gdybyś językiem dotknął dwóch przewodów pod takim napięciem, to z języka w ułamku sekundy zrobiłby się kawałek węgla.

Prawdę mówiąc, to nie wartość napięcia decyduje o efektach - kluczowe znaczenie ma rezystancja ciała. Dotykając językiem, dołączasz do baterii małą rezystancję, co powoduje przepływ znacznego prądu. Dotykając ręką do baterii 9V, nic nie poczujesz, bo rezystancja skóry ma sporą wartość.

W tym miejscu opowiem Ci zasłyszaną kiedyś historię, najprawdopodobniej prawdziwą. Otóż żył przed laty doświadczony elektryk, który był tak odporny na działanie prądu, że sprawdził, czy między przewodami występuje napięcie sieci, dotykając ich ręką. Jak wiadomo, dobry fachowiec jest zawsze potrzebny w zakładzie, więc nasz bohater kilka lat nie korzystał z urlopu wypoczynkowego. W tamtych czasach zdarzało się, że do zakładów przychodziły kontrole i wskutek takiej kontroli naszego elektryka wysłano w końcu na zaległy, kilkumiesięczny urlop. Wkrótce po powrocie z urlopu nasz fachowiec swoim starym zwyczajem sprawdził napięcie w sieci ręką... i został śmiertelnie porażony prądem. Dlaczego? Podczas tego długiego urlopu skóra na rękach stała się delikatna, cienka, a jej rezystancja znacznie się zmniejszyła.

Ty oczywiście nigdy nie będziesz próbował sprawdzać napięcia w sieci tą metodą, ale ten przykład powinien dać Ci sporo do myślenia.

Wiesz zapewne, że najgroźniejszy jest przepływ prądu przez serce. Tym razem nie chodzi o elektrolizę, tylko o ste-

## Listy od Piotra

rowanie pracą serca. Pod wpływem prądu, zaburzony zostaje proces sterowania mięśni serca i zaczyna ono pracować w sposób chaotyczny, szybki i nieskoordynowany. Nie pompuje krwi. Dłuższe pozostawanie pod działaniem prądu prowadzi w takiej sytuacji do śmierci.

Drugą poważną sprawą jest występowanie skurczu mięśni. Może doświadczyłeś już tego, lub słyszałeś, że podczas porażenia człowiek bywa z dużą siłą odrzucony kilka metrów do tyłu. To jest właśnie efekt niekontrolowanego skurczu mięśni. Taki szok i odrzucenie od miejsca porażenia może być szczęściem w nieszczęściu - bywa jednak gorzej. Jeśli dotkniesz niebezpiecznego przewodu elektrycznego wnętrzem dłoni, to przepływ stosunkowo niewielkiego prądu może spowodować mimowolny skurcz mięśni dłoni... i nie potrafisz się sam uwolnić. Wtedy, jeśli Ci nikt nie pomoże, nawet względnie niewielki prąd zamoczy Cię w ciągu kilku minut.

Co prawda jest pewna różnica między reakcją na prąd stały, a reakcją na prąd zmienny (prąd zmienny wywołuje silniejszy efekt). Z kolei prąd zmienny o bardzo wysokiej częstotliwości płynie tylko w cienkiej warstwie blisko powierzchni przewodnika, więc może się okazać mniej niebezpieczny dla życia.

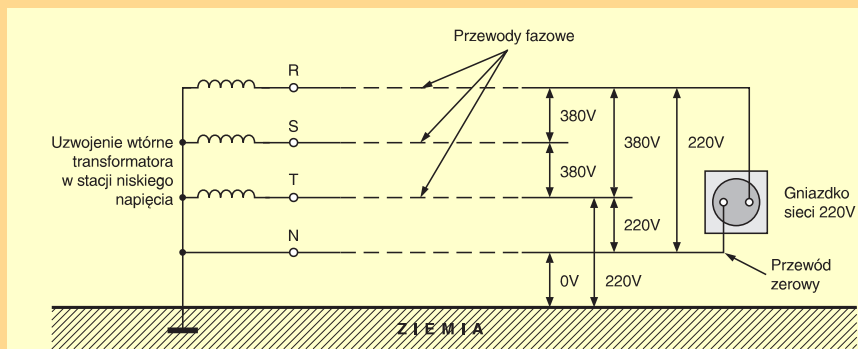
Ponadto, poszczególne osoby wykazują różną wrażliwość na przepływ prądu.

W sumie jednak jest pewne, że napięcie o wartości ponad 100V jest naprawdę niebezpieczne i może być przyczyną śmierci. Powiem więcej: w międzynarodowych normach przyjęto, że napięciem absolutnie bezpiecznym w każdych warunkach jest napięcie zmienne nie większe niż 24V i stałe nie większe niż 48V.

### Porażenie prądem z sieci energetycznej

Wiesz dobrze, że porażenie nie polega na samym dotknięciu przewodu znajdującego się pod napięciem. Dobrym przykładem są ptaki siadające na przewodach linii wysokiego napięcia. Choć napięcie wynosi wiele tysięcy woltów, ptaki nie ulegają porażeniu, bo... obwód prądu nie jest zamknięty.

Porażenie wystąpi tylko wtedy, jeśli jednocześnie dotkniesz dwóch punktów, między którymi występuje napięcie. Wynikałoby z tego, że bezkarnie możesz dotykać punktów o dowolnym napięciu, byle tylko obwód prądu nie był zamknięty. Jest to w zasadzie prawda. Czy znasz zasadę jednej ręki?



Rys. 1. Uproszczony schemat sieci energetycznej niskiego napięcia.

Mówi ona, że wszelkie konieczne manipulacje w układach znajdujących się pod napięciem należy przeprowadzać jedną ręką. Dlaczego? Ponieważ wtedy, w razie nieuwagi czy błędu, prąd popłynie tylko przez palce ręki, a nie między rękami przez serce. Skończy się to bardzo nieprzyjemnym szokiem, może nawet skóra ręki zostanie poparzona czy zwiędzona, najprawdopodobniej na dłuższy czas pojawi się uraz psychiczny (łęk przed prądem elektrycznym), ale nie nastąpi śmierć.

Nie znaczy to jednak, że zasada jednej ręki jest receptą na zapobieganie wszelkim poważnym nieszczęściom.

Dziś, gdy zamiast lamp elektronowych stosujemy półprzewodniki, napięcia zasilające rzadko przekraczają 20...30V. Są to napięcia bezpieczne, ale niekiedy stosujemy zasilacze beztransformatorowe (np. na płytce wielofunkcyjnej PW-02), połączone bezpośrednio z siecią 220V.

Ponadto, w przypadku zasilaczy nie zawsze udaje się zastosować spełniający wszelkie normy bezpieczeństwa gotowy fabryczny zasilacz

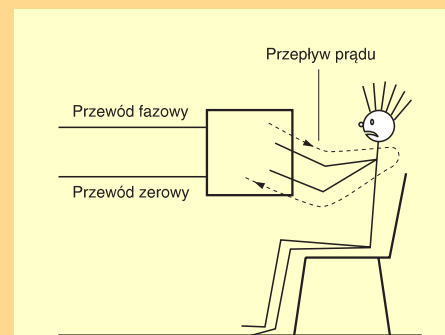
wtyczkowy. Często w budowanym urządzeniu trzeba zastosować transformator sieciowy. I wtedy w urządzeniu są punkty, których dotknięcie grozi śmiercią.

Jak by nie było, życie pokazuje, iż w naszej praktyce elektronicznej podstawowym źródłem zagrożenia są obwody sieci energetycznej.

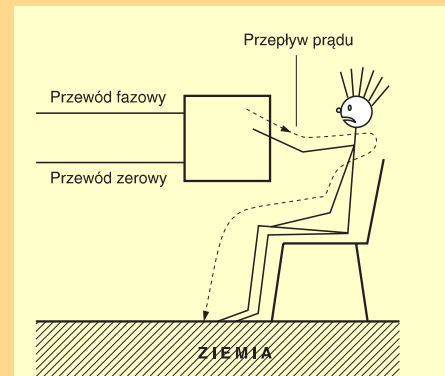
Popatrz na **rysunek 1**. Przedstawia on w dużym uproszczeniu obwód trójfazowej sieci energetycznej. Zasadą jest, że punkt środkowy uzwojenia niskonapięciowego trójfazowego transformatora energetycznego (środek gwiazdy uzwojeń) jest zawsze uziemiony. Przewód połączony z tym uziemieniem nazywa się przewodem zerowym (oznaczenie N), a pozostałe trzy - przewodami fazowymi (oznaczenia R, S, T). Czy wiesz, że jeden z przewodów dochodzących do gniazd-

ka, to przewód zerowy, połączony z tym uziemieniem? Uziemienie traktuje się zawsze jako punkt odniesienia, czyli jego napięcie (ściślej: potencjał) jest równe zero. W każdym gniazdku sieciowym w Twoim domu występuje napięcie około 220...230V. Czy ma to jakiś związek z uziemieniem? Tak! Zauważ, że to groźne dla życia napięcie występuje także między ziemią a przewodem fazowym. Natomiast przewód zerowy w gniazdku w zasadzie jest bezpieczny, bo między nim a ziemią nie powinno występować żadne napięcie (w praktyce może tu występować napięcie rzędu kilku woltów wynikające ze spadku napięcia na tym przewodzie).

Czy masz w domu wkrętak z wbudowaną pomarańczową lampką neonową,



Rys. 2a. Porażenie na drodze przewód fazowy - przewód zerowy.



Rys. 2b. Porażenie na drodze przewód fazowy - ziemia.

służący do sprawdzania, który przewód jest przewodem fazowym, a który zerowym?

Czy zastanawiałeś się dlaczego lampka świeci przy dotknięciu do przewodu fazowego? Przecież aby zaświecić lampkę, należy zamknąć obwód prądu. Właśnie - obwód zamyka się przez ciało człowieka do ziemi. Dlaczego nie ulegamy przy tym porażeniu? Do zaświecenia lampki wystarczy mały prąd o wartości rzędu mikroamperów, a na taki mały prąd nasz organizm nie reaguje. Zauważ jednak, że nawet, gdy nie jesteśmy w żaden oczywisty sposób połączony z ziemią, jakiś mały prąd jednak występuje! Dzieje się to głównie na drodze pojemnościowej, ale jak by nie było, prąd płynie!

Na **rysunku 2** znajdziesz przykłady sytuacji, które grożą porażeniem. Chodzi tu zarówno o przepływ prądu między poszczególnymi punktami tego samego układu (rys. 2a), ale w szczególności o zdradliwe napięcia między układem a ziemią (rys 2b).

A może zetknąłeś się z urządzeniami, które, jak się potocznie mówi, kopią przy dotknięciu do obudowy? Widać, ktoś czegoś nie dopatrył i separacja między siecią a obudową jest niedostateczna.

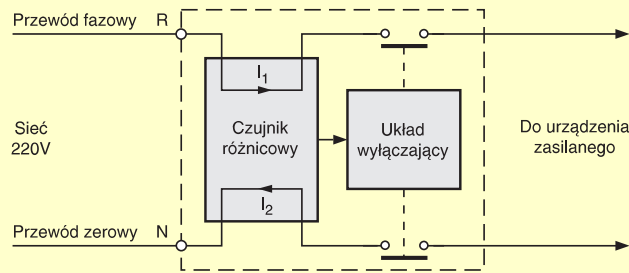
Zauważ, iż w sytuacji z rysunku 2b wspomniana zasada jednej ręki nic nie pomoże. Nie zagwarantuje ochrony w przypadku, gdy dotykasz do przewodów energetycznych, a jesteś połączony z ziemią.

Kiedy to może być niebezpieczne?

W domu, czy w pracowni są punkty bezpośrednio połączone z ziemią. Na pewno wszelkie rury wodociągowe, a najprawdopodobniej także metalowe rury centralnego ogrzewania i gazowe są uziemione. Jeśli założysz dobre gumowe buty, gumowe rękawice, to nie musisz się obawiać nawet tych uziemionych rur. Ale w normalnych warunkach zwykłe buty czy domowe pantofle nie dają żadnej gwarancji bezpieczeństwa, szczególnie w obecności jakichkolwiek śladów wilgoci.

Wstyd się przyznać, ale ja kiedyś, znając już i stosując zasadę jednej ręki, zostałem porażony prądem, gdy podczas regulacji jakiegoś układu zasilanego bezpośrednio z sieci bezmyślnie oparłem nogi na przebiegającej pod biurkiem rurce powrotnej centralnego ogrzewania. Teraz już naprawdę zachowuję wszelkie możliwe środki ostrożności, bo nie chciałbym przeżywać tego jeszcze raz.

Dla zabezpieczenia przed zdradliwymi porażeniami na drodze przewód fazowy - ziemia, zgodnie z niedawno wprowadzonymi przepisami, we wszelkich domowych instalacjach elektrycznych należy obowiązkowo stosować tak zwane



Rys. 3. Zasada działania zabezpieczenia różnicowoprądowego.

wyłączniki różnicowoprądowe (dostępne w każdym sklepie elektrycznym). Jest to rodzaj czułych bezpieczników elektronicznych, reagujących nie na wartość prądu w dwóch przewodach, tylko na różnicę prądów. Jeśli ta różnica będzie większa od dopuszczalnej wartości granicznej (rzędu miliampera), zabezpieczenie zadziała i odłączy zasilanie. Jeśli więc część prądu z przewodu fazowego popłynie do ziemi inną drogą niż przez przewód zerowy, na przykład podczas porażenia człowieka, to zabezpieczenie odtądnie dopływ prądu. Pokazano to na **rysunku 3**.

Jeśli nie masz w swej domowej instalacji takiego zabezpieczenia, poproś znajomego elektryka o pomoc.

Oczywiście, zabezpieczenie nie zadziała, jeśli porażenie nastąpi na drodze przewód fazowy - przewód zerowy (rysunek 2a). W takiej sytuacji ratunkiem jest jedynie obecność osoby towarzyszącej, która w razie nieszczęścia odłączy prąd i podejmie akcję ratunkową.

W tym miejscu, po omówieniu istoty niebezpieczeństwa trzeba wspomnieć o oddzieleniu galwanicznym. Temat ten został już zasygnalizowany w EdW 4/96 na str. 59 w odpowiedzi na list Czytelnika. Zastosowanie transformatora sieciowego skutecznie oddziela zasilany układ od obwodów sieci i nawet gdyby w układzie zasilanym przez ten transformator

występowały wysokie napięcia, to zasada jednej ręki zapobiegnie porażeniu przez obwody uziemienia. Można tu dodać, że transformatory sieciowe, produkowane zgodnie z obowiązującą obecnie normą, muszą wytrzymać bez przebicia napięcie między uzwojeniami sieciowym i wtórnym równe 4000V. Natomiast pojemność między uzwojeniami, przez którą ewentualnie mógłby płynąć prąd z przewodu fazowego do ziemi, w zależności od konstrukcji transformatora wynosi od kilku do kilkuset pikofaradów, co dla prądu zmiennego o częstotliwości 50Hz stanowi oporność (reaktację) rzędu dziesiątków i setek megaomów. Pojemność ta nie ma więc praktycznie żadnego znaczenia.

## Praktyczne wskazówki

Na koniec podam Ci kilka ważnych zasad praktycznych. Naprawdę nie są to jakieś wydumane przepisy, tylko zasady z życia wzięte. Nie jesteś chyba cynicznie dowcipny, żeby odpowiedzieć, iż na cmentarzu są jeszcze wolne miejsca, a i kwiaty w sezonie są tańsze? Elektronika to fascynująca przygoda, szkoda byłoby przypłacić życiem jednej krótkiej chwili nieuwagi. Życzę Ci więc, abyś budując wiele ciekawych układów ani razu nie został porażony prądem.

Piotr Górecki

- Zainstaluj w swej pracowni zabezpieczenie różnicowoprądowe.
- Nigdy nie dokonuj zmian w układzie (lutowanie, wylutowanie), gdy zasilanie jest włączone.
- Jeśli musisz przeprowadzić regulacje urządzenia dołączonego do sieci, zawsze stosuj zasadę pracy jedną ręką.
- Zawsze zadbaj, aby podczas pracy z niebezpiecznymi napięciami, w pomieszczeniu stale była obecna kompetentna osoba towarzysząca.
- Młodzież może przeprowadzać doświadczenia z niebezpiecznymi napięciami tylko pod opieką odpowiedzialnych i wykwalifikowanych osób dorosłych.
- Do prac z niebezpiecznymi napięciami należy używać izolowanych narzędzi posiadających odpowiednią wytrzymałość na przebicie.