



Jan C. STĘPIEŃ<sup>1</sup>, Ryszard GÓRECKI<sup>2</sup>

Politechnika Świętokrzyska, Zakład Podstaw Energetyki (1), Zakład Usług Elektroenergetycznych „Egór”, Jędrzejów (2)

## Technologie prac pod napięciem w świetle aktualnych uwarunkowań prawnych

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono aktualną sytuację w zakresie prac związanych z wprowadzaniem norm w zakresie prac pod napięciem. Jednym z nierozwiązanych problemów jest normowanie czasu prac związanych z przygotowaniem stanowiska pracy. Przedstawiono metodykę badań czasu pracy oraz przykładowe wyniki.

**Abstract. (Technologies of live working in the sense of actual legal conditions).** Actual situation in the field on introducing regulations in the sphere of live working has been presented in the paper. One of the unsolved problems is the regulation of the time for the work on preparing the workplace. Methodology and exemplary results of work time investigation have been presented.

**Słowa kluczowe:** technologie prac pod napięciem, zagadnienia normalizacyjne, normowanie czasu pracy, modelowanie komputerowe.

**Keywords:** technologies of live working, standardisation, regulation of the working time, computer modelling.

### Wstęp

Prace pod napięciem są jednym z rozwiązań umożliwiających zmniejszenie czasu wyłączeń urządzeń elektrycznych znajdujących się w torze zasilania odbiorców energii elektrycznej. Ten stan występuje nie tylko przy usuwaniu awarii, ale przede wszystkim przy prowadzeniu prac eksploatacyjnych bez konieczności wyłączenia odbiorców z zachowaniem zdolności toru zasilającego do przesyłania energii elektrycznej w pełnym lub częściowo ograniczonym zakresie.

Prawo Energetyczne i Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 września 2002 roku w sprawie szczegółowych warunków przyłączania podmiotów do sieci elektroenergetycznej, obrotu energią elektryczną, świadczeniem usług przesyłowych, ruchu sieciowego i eksploatacji sieci oraz standardów jakościowych obsługi odbiorców stanowi o tym, że łączny czas trwania przerwy w dostawie energii elektrycznej dla odbiorców nie może przekraczać 60 godzin - od 1 stycznia 2003 roku i 48 godzin od 1 stycznia 2005 roku. Z tego powodu zakłady energetyczne coraz więcej czynności w zakresie eksploatacyjnym i awaryjnym wykonują pod napięciem.

### Metody prac pod napięciem

Technika prac pod napięciem (PPN) wykorzystuje trzy możliwości usytuowania montera względem urządzenia będącego pod napięciem [1,2,3]:

1. odizolowanie montera, posiadającego potencjał ziemi, od urządzenia będącego pod napięciem,
2. odizolowanie montera, posiadającego potencjał urządzenia, od ziemi i innych potencjałów otaczających urządzeń,
3. odizolowanie montera od ziemi, jak i również od urządzenia pod napięciem.

Wymienione możliwości usytuowania montera względem naprawianego urządzenia spowodowały na wykonywanie następujących metod pracy pod napięciem [1,2,3]:

- w kontakcie,
- z odległości,
- na potencjale,
- oraz kombinację trzech metod oznaczana symbolem C3M.

Metoda „w kontakcie” umożliwia wykonanie pracy pod napięciem we wnętrzu strefy zagrożenia przez pracownika pozostającego na potencjale ziemi, przy użyciu rękawic dielektrycznych oraz ręcznych narzędzi o własnościach izolacyjnych. W metodzie tej występujące strefy zagrożenia wokół części urządzenia, do których pracownik może się zbliżyć podczas wykonywania pracy, są ograniczane za pomocą osłon izolacyjnych do przestrzeni we wnętrzu tych osłon. Łatwość wykonywania prac, stosunkowo mało skomplikowana budowa narzędzi oraz materiałów izolacyjnych sprawiają, że metoda ta znajduje powszechne zastosowanie w szeroko rozumianych sieciach do 1 kV to jest: w liniach napowietrznych wykonanych zarówno przewodami AL jak i AsXS oraz w liniach kablowych i urządzeniach rozdzielczych.

Metoda „z odległości” polega na wykonaniu pracy pod napięciem we wnętrzu strefy zagrożenia za pomocą narzędzi umieszczonych na drążkach izolacyjnych, przez pracownika pozostającego na potencjale ziemi, w odległości większej niż dopuszczalna odległość zbliżenia do części będących pod napięciem. Metoda ta znajduje zastosowanie głównie w sieciach średniego napięcia przy czyszczeniu urządzeń elektrycznych pod napięciem, w liniach napowietrznych średniego napięcia do podłączania odgałęzień przy użyciu długich drążków izolacyjnych oraz w liniach niskiego napięcia do trwałego odłączenia odgałęzienia przez odcięcie przewodów przy użyciu drążków.

Metoda pracy „na potencjale” polega na przejęciu przez pracownika potencjału części urządzenia, na którym ma zostać wykonana praca. W metodzie tej likwidacji ulega strefa zagrożenia wokół przewodu, lecz powstają nowe wokół tych części urządzenia, które zachowały potencjał taki, na jakim znajdował się monter zanim przejął potencjał części urządzenia będącego pod napięciem. Warunkiem przejęcia potencjału dowolnej części urządzenia jest przebywanie pracownika na potencjale niestabilnym. Warunek ten jest spełniony prawie wyłącznie w liniach napowietrznych najwyższych napięć, gdzie odległości pomiędzy przewodami różnych faz oraz pomiędzy częściami linii posiadającymi różne potencjały są na tyle duże, że nie występuje prawdopodobieństwo zetknięcia się montera z różnymi potencjałami linii, przy

nieskomplikowanym charakterze obiektów umożliwiających względną swobodę ruchów.

Metoda C3M umożliwia wykonanie pracy pod napięciem we wnętrzu strefy zagrożenia przy użyciu rękawic dielektrycznych, drążków izolacyjnych i podnośników izolacyjnych przez pracownika pozostającego na potencjale nieustalonym (odizolowanym od wszystkich ustalonych potencjałów). W metodzie tej każdy obwód z udziałem człowieka, tworzony podczas pracy, musi posiadać w sobie elementy izolacyjne stosowne do odpowiedniego poziomu napięcia. Metoda ta polega na połączeniu trzech poprzednich metod, a o ich wyborze decyduje wykonawca.

### **Tworzenie aktów prawnych prac pod napięciem**

W Polskim Komitecie Normalizacyjnym do roku 1996 były przygotowywane tylko tłumaczenia norm IEC. Od początku 1997 roku opracowywane są przede wszystkim normy europejskie, wynika to z warunków integracji z krajami Unii Europejskiej i związanym z tym członkostwem w Europejskim Komitecie Normalizacyjnym Elektrotechniki - CENELEC.

Prace Normalizacyjnej Komisji Problemowej (NKP) nr 72 d.s. „Elektroenergetycznego sprzętu ochronnego i do prac pod napięciem”, działającej w ramach Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, koncentrują się na wprowadzaniu norm europejskich (EN) lub międzynarodowych (IEC) do zbioru Polskich Norm. Zakres tych prac odpowiada obszarowi tematycznemu Komitetu Technicznego (TC) 78 o nazwie „Prace pod napięciem” działającemu w Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej - IEC oraz odpowiedniego Komitetu Technicznego (TC) 78 w ramach Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego Elektrotechniki - CENELEC.

W pierwszym okresie działalności NKP nr 72 były kontynuowane prace rozpoczęte jeszcze przed zasadniczymi zmianami w zasadach organizacji i prowadzenia działalności normalizacyjnej, które nastąpiły w wyniku wprowadzenia ustawy o normalizacji i powstania Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

Prace te zostały zakończone ustanowieniem i opublikowaniem szeregu norm dotyczących narzędzi oraz sprzętu izolacyjnego. Tylko w minionym 2002 roku zostało zakończonych 27 norm dotyczących tego problemu. Prace w zakresie normalizacji trwają z dalszym ciągiem i są dostosowywane do wymagań Unii Europejskiej. W miarę możliwości wykonawczych przewiduje się sukcesywne wprowadzanie wszystkich istotnych norm CENELEC dotyczących prac pod napięciem.

Trudności w realizacji wymogu szybkiego wdrażania norm europejskich wynikają nie tylko z faktu, że początkowo krajowe prace normalizacyjne wprowadzały normy IEC, ale również z powodu naturalnego opóźnienia w stosunku do norm wyjściowych.

Dotychczasowy udział polskich przedstawicieli w pracach tego komitetu ze względów finansowych miał charakter sporadyczny. Bieżący bezpośredni udział w pracach merytorycznych pozwoli na opiniowanie a nawet kreowanie procesu normalizacyjnego w dziedzinie prac pod napięciem jak również na śledzenie terminów uzgadniania, ustanawiania i publikacji norm. Jest to praktycznie jedyna możliwość wpływania na ostateczny kształt dokumentów normalizacyjnych, które są sukcesywnie wprowadzane do Polskich Norm.

### **Przepisy technologiczne prac pod napięciem**

Odmienne od tradycyjnego sposobu podejście do prac eksploatacyjnych na urządzeniach będących pod napięciem wymaga zastosowania szczególnych zasad organizacji pracy pod napięciem. Prace pod napięciem mogą być

wykonane jedynie w określonych warunkach, na podstawie szczegółowej instrukcji, przez zespół posiadający uprawnienia do ich wykonywania i sprzęt specjalistyczny.

Pracując świadomie pod napięciem monterzy w sposób naturalny stosują środki umożliwiające bezpieczne wykonanie pracy. Składają się na nie specjalistyczne wyposażenie techniczne oraz przepisy i instrukcje technologiczne, dokładnie określające sposób wykonania pracy przy użyciu specjalnych wykazanych środków technicznych. Prace pod napięciem mogą wykonywać pracownicy o określonych kwalifikacjach zawodowych, którzy ukończyli specjalistyczne przeszkolenie. Pracownicy uprawnieni do wykonywania prac pod napięciem powinni posiadać umiejętność identyfikacji zagrożeń, oceny ryzyka oraz znajomość zasad redukcji ryzyka występującego podczas prac. Określenie zakresu uprawnień i obowiązków osób uczestniczących w procesie prac pod napięciem jest częścią systemu bezpieczeństwa, na którego podstawie zasadza się technika prac pod napięciem.

Każde wykonanie pracy pod napięciem jest poprzedzone wydaniem polecenia na pracę. Podjęcie decyzji o wykonaniu pracy jest uwarunkowane spełnieniem ogólnych wymagań dotyczących procedury organizacji pracy na polecenie, przy równoczesnym uwzględnieniu specyfiki prac pod napięciem i zasad obowiązujących w zakładzie, na którego terenie są prowadzone.

Warunkiem koniecznym prawidłowego prowadzenia PPN w zakresie określonym w instrukcji technologicznej jest posiadanie przez zespół pełnego sprzętu, narzędzi i wyposażenia osobistego. Karta technologiczna jest szczegółową instrukcją wykonania określonego zadania. Przestrzeganie postanowień instrukcji oraz technologii wykonywania pracy według karty technologicznej jest warunkiem bezpieczeństwa osób wykonujących pracę. Każda karta technologiczna przyporządkowana jest ściśle określonemu zadaniu, w konkretnych warunkach technicznych dla dowolnego obiektu sieciowego. W praktyce, dla wykonania określonego zadania zachodzi często potrzeba posługiwania się wieloma kartami technologicznymi, stąd umiejętność łączenia ich w jeden ciąg technologiczny powinna być cechą osób wydających polecenia i kierujących zespołem.

Identyfikacja zagrożeń jest najistotniejszym etapem analizy bezpieczeństwa pracy i powinna być prowadzona dla wszystkich rodzajów czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych w procesie pracy jak również powinna obejmować sekwencje zdarzeń mogących wystąpić podczas pracy w wyniku działań związanych z pracą lub skutków działań zewnętrznych z nią niezwiązanych. Równoległe z identyfikacją zagrożeń winna być prowadzona wstępna ocena ich potencjalnych skutków, na podstawie której ustala się priorytety działań prewencyjnych. Identyfikacja zagrożeń wraz ze wstępną oceną skutków stanowi wstępne oszacowanie ryzyka. Identyfikacja zagrożeń w miejscu pracy dokonywana jest w trakcie rozeznania miejsca pracy wykonywanego w ramach etapu prac przygotowawczych. Obejmuje ona ocenę stanowiska pracy z uwzględnieniem wszystkich informacji niezbędnych do analizy ryzyka związanego z każdym zidentyfikowanym zagrożeniem, określenie przedsięwzięć mających na celu ograniczenie ryzyka.

### **Normalizacja czasu prac pod napięciem**

Gospodarka rynkowa dopuszcza coraz większą grupę wykonawców do prac pod napięciem na urządzeniach elektroenergetycznych energetyki zawodowej i przemysłowej. Prace wykonywane są na podstawie opracowanego kosztorysu, który w Katalogu Nakładów Rzeczowych zawiera normy czasu na wykonanie

konkretnego zadania nie uwzględniając czasu potrzebnego do zorganizowania miejsca pracy w technologii PPN jak omówienie sposobu wykonania zadania, wygrodzenie i oznakowanie miejsca pracy, sprawdzenie i przygotowanie narzędzi, zaizolowanie stanowiska pracy, rozizolowanie stanowiska pracy, czyszczenie oraz złożenie sprzętu oraz narzędzi czy też likwidacja miejsca pracy.

Organizacja miejsca pracy w technologii PPN jest różna dla różnych grup zadaniowych jak prace na liniach z przewodami gołymi, prace na liniach z przewodami izolowanymi, prace na urządzeniach rozdzielczych, prace na liniach kablowych – jednak najogólniej należy stwierdzić, że potrzebny jest dodatkowy czas na prawidłowe wykonanie prac w technologii PPN.

W celu określenia normatywnych wartości czasu przygotowania i przeprowadzenia prac pod napięciem oparto się na ocenie statystycznej. Najprostsza metoda analizy czasu pracy oparta jest na obserwacji i pomiaru czasu realizacji poszczególnych czynności a następnie na wyznaczeniu wartości średnich.

Średni czas analizowanego zadania wyznaczyć można jako sumę wartości średnich czasów wykonania poszczególnych czynności.

$$(1) \quad \bar{t} = \bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \dots + \bar{t}_i + \dots + \bar{t}_k$$

gdzie:  $\bar{t}$  - wartość średnia analizowanego zadania prac pod napięciem,  $\bar{t}_1, \bar{t}_2, \dots, \bar{t}_k$  - wartości średnie czasów wykonywania poszczególnych  $i = 1, 2, \dots, k$  czynności,

przy czym:

$$(2) \quad \bar{t}_i = \sum_{k=1}^{k=n} t_k$$

Zastosowanie wzoru (1) do wyznaczania wartości średniej określonego zadania można, z punktu widzenia statystyki matematycznej, stosować wtedy, gdy rozkłady prawdopodobieństwa czasów realizacji poszczególnych czynności są rozkładami normalnymi.

W związku ze stwierdzeniem faktu, iż nie wszystkie rozkłady mają taki charakter, do wyznaczania wypadkowej wartości średniej czasu trwania określonego zadania, podczas prowadzenia prac pod napięciem, opracowano symulacyjny program komputerowy.

Działanie programu polega w pierwszej kolejności na wyznaczeniu, na podstawie danych empirycznych, rozkładów czasów realizacji poszczególnych czynności, na z góry zadanim poziomie istotności  $\alpha$ . Program oparty na generatorach liczb losowych [4] losuje kolejno, zgodnie z funkcjami i parametrami rozkładów poszczególne realizacje czasów a następnie ich sumy umieszcza w rejestrach rozkładu wypadkowego. Na podstawie analizy realizacji tych sum opracowuje się model wypadkowy czasu trwania prac przy określonym zadaniu prac pod napięciem.

W celu przedstawienia działania programu i sposobu obliczeń wypadkowego czasu określonego zadania przedstawiono fragment prowadzonych badań normalizacji czasu prac pod napięciem.

W wyniku pomiarów otrzymano trzy próby czasów poszczególnych czynności będących składnikami zadania. Dla tych prób wyznaczono parametry rozkładów oraz przeprowadzono weryfikację nieparametryczną hipotezy o rozkładzie, na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Rozkład czasu wykonania czynności pierwszej można opisać za pomocą rozkładu normalnego, którego funkcja

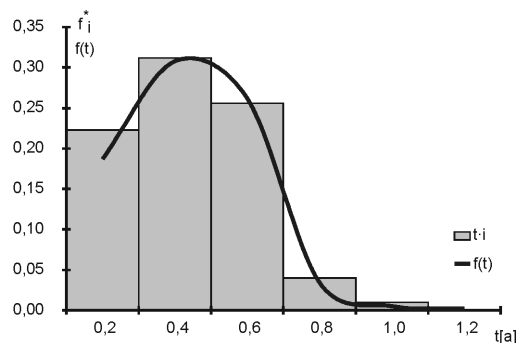
gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej opisana jest za pomocą następującego wyrażenia [5]:

$$(3) \quad f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}\right]$$

gdzie:  $m$  – wartość średnia z próby,  $\sigma$  – odchylenie standardowe.

Dla analizowanej próby otrzymano  $m = 0,35$  h oraz  $\sigma = 0,12$  h. Spodziewana wartość średnia z rozkładu wynosi  $\bar{t}_1 = 0,35$  h.

Na rys.1. przedstawiono przebiegi empiryczne i teoretyczne wartości gęstości prawdopodobieństwa czasu wykonania czynności 1.



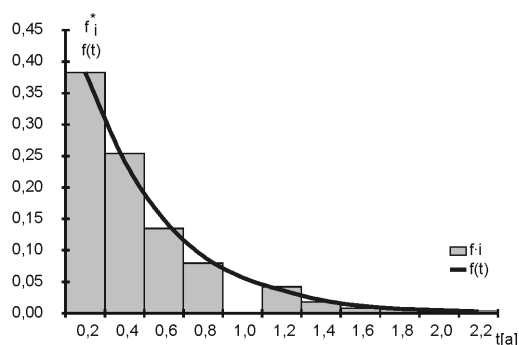
Rys.1. Przebiegi empiryczne i teoretyczne wartości gęstości prawdopodobieństwa czasu wykonania czynności 1

Rozkład prawdopodobieństwa czasu wykonywania czynności 2 opisać można za pomocą rozkładu wykładniczego, którego funkcję gęstości prawdopodobieństwa przedstawić można za pomocą wyrażenia

$$(4) \quad f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$$

gdzie:  $\lambda$  – parametr rozkładu.

Dla analizowanego rozkładu  $\lambda = 2,4$  1/h, natomiast  $\bar{t}_2 = 0,42$  h. Przebiegi rozkładu przedstawiono na rys.2.



Rys.2. Przebiegi empiryczne i teoretyczne wartości gęstości prawdopodobieństwa czasu wykonania czynności 2

Składnik trzeci można opisać za pomocą rozkładu normalnego, którego gęstość prawdopodobieństwa jest określona przez wyrażenie (3). Otrzymane wartości parametrów są równe:  $m = 1,8$  h,  $\sigma = 3,42$  h. Spodziewana wartość średnia  $\bar{t}_3 = 1,8$  h. Przebiegi funkcji gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $t_3$  przedstawiono na rys.3. W wyniku przeprowadzonej symulacji komputerowej

otrzymano rozkład wypadkowy, wykładniczy, o parametrach  $\lambda = 0,30$  i wartości średniej  $\bar{t} = 3,30$  h.

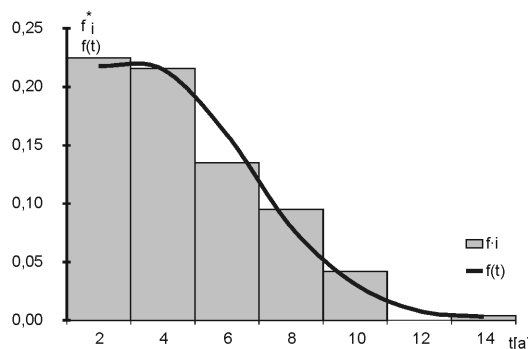
Przebiegi funkcji gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $t$  przedstawiono na rys.4.

Gdyby do wyznaczania spodziewanej wartości średniej wykonywania zadania zastosować wyrażenie (1) to w wyniku otrzymano by spodziewaną wartość średnią równą:

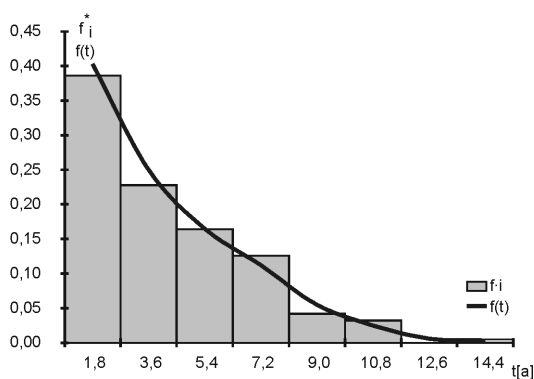
$$(5) \quad \bar{t} = 0,35 + 0,42 + 1,8 = 2,57 \text{ h,}$$

która jest mniejsza od otrzymanej wartości średniej otrzymanej na drodze symulacji, równej  $\bar{t} = 3,30$  h.

Zastosowanie do obliczeń rozkładów gęstości prawdopodobieństwa czasów wykonania poszczególnych czynności, wchodzących w skład zadania jest dokładniejsze niż w przypadku sumowania wartości średnich z tych czasów, ponieważ uwzględnia charakter rozkładów.



Rys.3. Przebiegi empiryczne i teoretyczne wartości gęstości prawdopodobieństwa czasu wykonania czynności 3



Rys.4. Przebiegi empiryczne i teoretyczne wartości gęstości prawdopodobieństwa wypadkowego czasu wykonania zadania

## Podsumowanie

Technika prac pod napięciem będzie się dalej rozwijała ze względu na jej zalety. Akty prawne wydane z tej dziedziny obejmują już w dostateczny sposób te problemy, lecz należy stwierdzić, że normy nie obejmują jeszcze całości zagadnień.

Sprawą pozytywną jest opracowanie kart technologicznych dla poszczególnych zadań.

Brak jest określenia normatywnych wartości czasów wykonywania poszczególnych zadań, w technologii PPN. Może to prowadzić do nieuzasadnionego, pod względem technologicznym i organizacyjnym, skracania czasu pracy co doprowadzić może do zaniedbywania przepisów bezpieczeństwa pracy.

Autorzy podjęli badania i próbę znormalizowania tych czasów w aktualnych warunkach technicznych i organizacyjnych. Przyjęta metoda badawcza, oparta na identyfikacji modeli czasów wykonywania prac pod napięciem nie jest bardziej pracochłonna niż metoda polegająca na pomiarach czasów i wyznaczaniu wartości średnich, daje natomiast bardzo dobre wyniki a w skorelowaniu z innymi czynnikami wpływającymi na wartość czasów prac pod napięciem może dawać więcej wniosków zmierzających do optymalizacji czasu PPN, przy zachowaniu pełnych warunków związanych z bezpieczeństwem pracy, co stanowi punkt wyjścia takiej analizy.

## LITERATURA

- [1] Dąbrowski J. Dudek B., Doświadczenia eksploatacyjne z zastosowaniem prac pod napięciem w sieci przesyłowej PSE S.A. *Konferencja Naukowo-Techniczna „Prace pod napięciem w sieciach nn, śn i wn w Polsce i na świecie”*. Poznań 13-14 maja 1998 r.
- [2] Dudek B., Identyfikacja zagrożeń i analiza ryzyka przy wykonywaniu prac pod napięciem”. *Konferencja Naukowo-Techniczna „Prace pod napięciem w sieciach nn, śn i wn w Polsce i na świecie”*. Poznań 13-14 maja 1998 r.
- [3] Ośrodek Doskonalenia Zawodowego Kadr Energetyki ZIAD S.A., Instrukcja organizacji i wykonywania prac pod napięciem przy urządzeniach rozdzielczych i liniach kablowych o napięciu do 1 kV”. Bielsko-Biała 2002r.
- [4] Zieliński R., *Generatory liczb losowych*, WNT, Warszawa 1979.
- [5] Firkowicz S., *Statystyczne badanie wyrobów*, WNT, Warszawa 1975

**Autorzy:** prof. nadzw. dr hab. inż. Jan C. Stępień, Politechnika Świętokrzyska, Samodzielny Zakład Podstaw Energetyki, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, E-mail: [jstepien@tu.kielce.pl](mailto:jstepien@tu.kielce.pl); mgr inż. Ryszard Górecki, Zakład Usług Elektroenergetycznych „Elgór”, ul. Rakowska 29, 28-300 Jedrzejów, E-mail: [biuro@elgor.pl](mailto:biuro@elgor.pl)