



Bogumił DUDEK

EPC S.A., Partner na Rynku Energii Sp. z o.o.

Robotyzacja w dziedzinie diagnostyki i eksploatacji elektroenergetycznych układów izolacyjnych

Streszczenie. Tematyka referatu obejmuje nową dziedzinę w elektroenergetyce, jaką jest robotyzacja procesów diagnostycznych oraz zastosowanie robotów w naprawach, wymianach izolatorów i ich osprzętu. Zastąpienie człowieka w silnym polu elektrycznym i magnetycznym, poszerzenie możliwości prac w warunkach atmosferycznych, w których obecnie występują ograniczenia, podjęcie prac przy znacznym stopniu osłabienia układu izolacyjnego to nowe argumenty dla poszerzenia obszaru zastosowań techniki prac pod napięciem.

Abstract. (*Robotics in the field of diagnostics and exploitation of the high voltage insulating systems*) The paper covers new areas in the high voltage systems: robotics of diagnostic processes along with application of robots in the repair and replacement of insulators. Substituting for men in high electric and magnetic fields, making possible to operate in weather conditions that currently pose barriers, enabling work on excessively frail insulation systems – these are arguments for expansion of applications of the high voltage work methods.

Słowa kluczowe: prace pod napięciem, robotyka, wymiana izolatorów, diagnostyka.

Keywords: live line maintenance, robotics, insulator replacement, diagnostics.

Wstęp

Robotyzacja dla potrzeb energetyki w Polsce to już tylko kwestia czasu. Choć przykładowo Hexor, opracowany na Politechnice Śląskiej, to robot kroczący, wspomagający edukację techniczną, a przecież od niej należy rozpocząć. Prace rozpoznawcze w tej dziedzinie należy intensyfikować, gdyż po blisko dwudziestu latach prowadzenia prac w tym zakresie w wielu krajach także europejskich następuje faza zastosowań robotów zarówno do diagnostyki, jak i eksploatacji elektroenergetycznych układów izolacyjnych stacji i linii.

Rozwój techniki prac pod napięciem (PPN) następuje w wyniku poszukiwań efektywnych technologii poprawiających bezpieczeństwo personelu eksploatacyjnego w elektroenergetyce i umożliwiających ciągłe dostawy energii, tak oczekiwane przez klientów stosujących odbiorniki wymagające całodobowej pracy, a zwłaszcza komputerów i dostępu dzięki nim do światowych, krajowych i dedykowanych (m.in. firmowych) zasobów informacyjnych. Utrzymanie sieci pod napięciem ma także spore znaczenie dla stabilności korzystania ze źródeł wytwórczych i pozwala na ograniczenie interwencji w otoczeniu urządzeń elektroenergetycznych m.in. nie wyłączanie obiektów krzyżujących się z trakcją kolejową, drogami, innymi liniami elektroenergetycznymi itp.

Robotyzacją prac pod napięciem zajmują się już od prawie dwudziestu lat energetycy głównie w USA, Japonii, Kanadzie, Hiszpanii, Włoszech i Francji. Jest to wynik technicznych poszukiwań coraz efektywniejszych rozwiązań w stosunku do dotychczasowych metod pracy „w kontakcie”, „z odległości” i „na potencjale”. Robotyzacja pozwala na zmniejszenie uciążliwości pracy i ograniczenie składu osobowego ekip oraz skrócenie czasu interwencji na czynnych urządzeniach elektroenergetycznych.

Główne powody zastosowania robotyzacji są związane z:

- możliwościami pracy w zasadzie w dowolnych warunkach atmosferycznych,
- prowadzeniem prac na dowolnych konstrukcjach gdzie istniejące odległości nie zezwalają na wykonanie prac tradycyjnymi metodami,
- wymianę łańcuchów izolatorów o znacznej liczbie uszkodzonych ogniw,

- usunięcie człowieka z silnego pola elektrycznego i magnetycznego,
- zmniejszeniem wysiłku fizycznego i obciążenia psychicznego pracowników.

Nazwy TOMCAT, ROBTET, ROV lub ROWASHI – to zdalnie sterowane manipulatory – roboty, chyba najbardziej znane elektroenergetykom. Główne zastosowania to wymiana izolatorów, mycie izolacji, inspekcje linii oraz diagnostyka. Największą gamę robotów proponują Japończycy, a dotychczasowe doświadczenia z robotyzacją w USA i Kanadzie sięgają poziomu napięcia 765 kV.

Robot i robotyka – definicje kluczowe

Słowa „robot” używa się na określenie mechanicznego urządzenia wykonującego automatycznie pewne zadania; choć zazwyczaj pojęcie to oznacza manipulator przemysłowy sterowany komputerowo. Działanie robota może być kontrolowane przez człowieka, przez wprowadzony wcześniej program, bądź przez zbiór ogólnych reguł, które zostają przełożone na działanie robota za pomocą technik sztucznej inteligencji. Roboty często zastępują człowieka przy monotonych, złożonych z powtarzających się kroków czynnościach, które mogą wykonywać znacznie szybciej od ludzi. Domeną ich zastosowań są też te zadania, które są niebezpieczne dla człowieka, na przykład związane z manipulacją szkodliwymi dla zdrowia substancjami lub przebywaniem w nieprzyjnym środowisku - najbardziej znane są przemysłowe zastosowania w energetyce jądrowej np. robot Rosie w amerykańskich elektrowniach jądrowych.

Pojęcia „robot” używa się też do nazywania autonomicznie działających urządzeń odbierających informacje z otoczenia za pomocą sensorów i wpływających na nie za pomocą efektorów. Roboty takie budowane są przez badaczy zajmujących się sztuczną inteligencją lub kognitywistyką w celu modelowania zdolności poznawczych, sposobu myślenia lub zachowania zwierząt bądź ludzi. Mimo ogromnego postępu w tych dziedzinach cel, którym jest stworzenie robota co najmniej dorównującego inteligencji człowiekowi, wciąż wydaje się bardzo odległy. Dziedziną sztucznej inteligencji zajmującą się projektowaniem i konstruowaniem robotów jest robotyka.

„Robot” jest ponadto ogólnym pojęciem stosowanym do określenia istniejących w rzeczywistości, bądź wymagi-

nowanych automatów i maszyn przypominających wyglądem człowieka lub zwierzę. Słowa robot prędzej użyjemy do nazwania człekokształtnej ruchomej kukły, niż wysoko wyspecjalizowanej nowoczesnej zmywarki do naczyń - mimo że sposób działania tego urządzenia w pełni zgadza się z definicją robota. Przyczyną tego jest prawdopodobnie cechujący nas antropomorfizm.

Zatem pod pojęciem robot będziemy rozumieć wszystkie ww. określenia, a nawet urządzenia (aparaty) typu automaty, których efektywność jest zapewniona dzięki wykorzystaniu technik lotniczych.

Budowa i klasyfikacja robotów

Roboty, manipulatory przemysłowe zbudowane są z członów połączonych przegubami w otwarty łańcuch kinematyczny. Przeguby mogą być obrotowe (rotacyjne) lub pryzmatyczne (liniowe). Liczba przegubów determinuje liczbę stopni swobody manipulatora. Zwykle manipulator powinien mieć sześć niezależnych stopni swobody, 3 do pozycjonowania i 3 do orientowania.

Istnieje ogólna klasyfikacja robotów, podobnie jak i komputerów, ze względu na ich generacje:

- roboty programowalne - wykonują zawsze jeden i ten sam program wiele razy,
- roboty adaptacyjne - wyposażone są w czujniki, informujące czy określony detal znajduje się na miejscu – w razie gdy detalu brakuje robot może sam go poszukać,
- roboty inteligentne - nie programuje się im faz wykonania zadania, tylko zadaje się określoną czynność (zdolne do samoprogramowania).

Zatem sumując, pod pojęciem „robot” mieści się:

- urządzenie techniczne, przeznaczone do zastępowania człowieka przy wykonywaniu określonych czynności manipulacyjnych, które jest przystosowane do realizacji różnych, łatwo zmienialnych programów ruchu manipulacyjno - transportowego, użytecznego w procesie produkcyjnym, eksploatacyjnym,
- robot przemysłowy, który jest automatem ruchowym o uniwersalnym przeznaczeniu, wyposażonym w wiele osi, których ruch ze względu na kolejność jego sekwencji oraz jego rodzaj jest swobodnie programowalny, czyli może być łatwo zmieniany bez ingerencji mechanicznej. Roboty są wyposażone w chwytaki, narzędzia oraz inne oprzyrządowanie. Mogą wykonywać czynności manipulacyjne i zadania wytwórcze,
- robot, który jest wielofunkcyjnym, reprogramowalnym manipulatorem, przeznaczonym do operowania przedmiotami, częściami, narzędziami oraz innymi urządzeniami specjalizowanymi poprzez wykonywanie różnorodnych programów ruchu, mających na celu wykonanie różnorodnych zadań.

Robotyzacja prac pod napięciem w różnych krajach, przykłady zastosowań

Prace nad robotyzacją dla potrzeb obsługi sieci elektroenergetycznej trwają jak wspomniano od ponad dwudziestu laty. W tym czasie powstało wiele modeli, udoskonaleń, a wręcz generacji robotów. Pierwsze roboty to raczej wspomaganie procesów eksploatacyjnych, druga generacja pozwoliła na wykonywanie nieskomplikowanych prac z udziałem operatora, trzecia generacja to praktycznie zautomatyzowane roboty, a udział człowieka ogranicza się do nadzoru prac i podjęcie interwencji tylko w sytuacjach niebezpiecznych, kryzysowych. Stan robotyzacji w różnych krajach zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Robotyzacja prac pod napięciem w różnych krajach

Firma (Kraj)	Typ robota	Przykładowe prace z użyciem robotów	
		sieci dystrybucyjne	sieci przesyłowe
EPRI (USA)	TOMCAT	- różne prace eksploatacyjne	- wymiana łańcuchów izolatorów odcigowych i przelotowych, - wymiana odstępników 500 kV, - naprawy przewodów, - mycie pod napięciem, - utrzymanie słupów,
Hydro-Québec (Kanada)	ROV	- różne prace eksploatacyjne	- inspekcje linii, - naprawy przewodów, - usuwanie sadzi, - mycie pod napięciem,
IBERDOLA COBRA (Hiszpania)	ROBTET	- szczególnie wymiana izolatorów	-
ENEL (Włochy)	ROWASHI	- mycie izolatorów zabrudzonych 20 kV	- mycie izolatorów zabrudzonych 220 kV, - inspekcje linii,
Kyushu EPCo (Japonia)	-	- 80% zabiegów utrzymaniowych na liniach 6 kV	-
Tokyo EPCo (Japonia)	-	prace na liniach 6 kV: - rozmostkowanie, - wymiana izolatorów, - zdjęcie izolacji z końcówek kabli, - zakładanie złączek, - montaż osłon izolacyjnych, - inne,	-

Wymienione w tabeli 1 rozwiązania robotów pozwalają na wykonanie prac na urządzeniach elektroenergetycznych wg różnych koncepcji robotyzacji: operator w górnej kabinie; operator na powierzchni ziemi w kabinie środka transportu. Ostatnio opracowane roboty pozwalają tylko sprawować nadzór nad wykonywaną pracą. W poszukiwaniu tańszych rozwiązań zastosowano także system, w którym efektor wspomagany jest drążkiem izolacyjnym przez kierującego nim operatora.

Przedstawione roboty pozwalają na wykonanie szeregu prac pod napięciem np. wymianę izolatorów wiszących, łącznie z wyjęciem zawlecзки, wymianę izolatorów odcigowych z użyciem drążka izolacyjnego do tymczasowego przejęcia obciążenia mechanicznego przewodem. Prace te realizowane są przez hiszpański robot o nazwie ROBTET.

Roboty kanadyjskie: ROV3 do prac sieciowych oraz typu ROV do prac na przewodach linii napowietrznych umożliwiają np. kruszenia sadzi lub czyszczenie zabrudzonych przewodów linii. Warto dodać, że pierwszym robotem użytym do prac eksploatacyjnych był amerykański TOMCAT już w 1986 r. Po eksperymentach poligonowych,

pierwszą wymianę łańcucha izolatorów na linii 345 kV dokonano w 1987 r. w stanie Nowy Meksyk. W podobnym okresie czasu Włosi opracowali kilka systemów mycia zabrudzonej izolacji linii średniego i wysokiego napięcia.

Robotyzacja a usługi lotnicze

W 1987 r. rozpoczęto stosowanie śmigłowców do prac pod napięciem na szerszą skalę. Sukcesy zastosowania śmigłowców w diagnostyce stanu linii napowietrznych oraz pewnych prac pod napięciem wykonywanych z płozy śmigłowca lub za pomocą koszy wpinanych w przewody, zostały wkrótce wzbogacone o pierwsze automaty np. do przycinania wierzchołków drzew; do zakładania kul ostrzegawczych na przewodach odgromowych, nawijania przewodu światłowodowego i innych.

W ostatnich latach opracowano systemy diagnostyczne pozwalające na kompleksową ocenę naziemnych i podziemnych elementów linii napowietrznych. Przykładowo podwieszony do śmigłowca przyrząd diagnostyczny służy do oceny stanu złązek prasowanych, a podwieszona specjalna kamera do monitorowania otoczenia o szerokim spektrum zastosowania m.in. do inspekcji linii elektroenergetycznych, w tym oceny stanu izolacji.

Należy przyjąć, że ta dziedzina będzie się rozwijać; choć w najbliższych latach wykorzystanie śmigłowców i samolotów będzie związane z budową systemów geograficznej informacji o terenie GIS i w konsekwencji wykorzystanie techniki lotniczej do pozycjonowania elementów sieci GPS. Systemy te umożliwiają zintensyfikowanie obserwacji stanu technicznego sieci elektroenergetycznej i podejmowanie jej napraw także pod napięciem.

Aspekty efektywności ekonomicznej robotyzacji

Rozwiązania robotów do prac w sieci elektroenergetycznej nie należą do tanich. Jednak oczekiwania co do zalet robotów, szczególnie związanych z możliwością podjęcia pracy, które z udziałem człowieka muszą skutkować wprowadzeniem przerw w zasilaniu, jest motorem napędowym rozwoju kolejnej ich generacji. Na początku lat dziewięćdziesiątych przeprowadzono kilka ekonomicznych analiz porównawczych kosztów zastosowania różnych rozwiązań innowacyjnych związanych z robotyzacją i użyciem śmigłowców. W analizach wzięto pod uwagę m.in. oszczędności pracy żywej oraz korzyści ze sprzedaży energii, dzięki uniknięciu przerw w zasilaniu. Przykłady dotyczą zastosowania telemanipulatora na podwoziu samochodowym, telemanipulatora ze śmigłowca, zastosowania śmigłowca ze zrobotyzowanym montażem sprzętu oraz zastosowanie robota na stacji. Porównano koszty utrzymania sieci pod napięciem z użyciem innowacyjnych rozwiązań, w stosunku do prac wykonywanych przy wyłączeniu urządzeń do prac eksploatacyjnych (kalkulacje sporządzono wg siły nabywczej początku lat dziewięćdziesiątych). W rezultacie porównania określono przewidywany okres zwrotu nakładów inwestycyjnych i badawczych i wyniki zamieszczono w tabeli 2.

Zwraca uwagę zastosowanie robotów na stacjach, które stosunkowo szybko się zwracają, jednak nie zastępują w pełni potrzeby pracy dyżurnych stacji, choćby w zakresie manipulacji łączeniowych. Jednak zastosowane w Europie rozwiązania pozwoliły ograniczyć pracę dyżurnych do pierwszej zmiany, ponadto uwzględniono czasy potrzebne na wezwanie pracowników i zrealizowanie łączeń, szczególnie tam gdzie te procesy nie są zautomatyzowane.

Prognozy rozwoju techniki PPN z wykorzystaniem robotów przy użyciu pojazdu samochodowego są mniej korzystne niż koncepcja szerszego zastosowania manipulatorów do PPN. Przy powszechności pewnych prac

uzyskuje się jednak zachęcające wyniki do dalszego wysiłku związanego z rozwojem robotyzacji, a wynika to ze zminimalizowania udziału pracowników i większej niezależności od pogody niż w lotach śmigłowcami.

Tabela 2. Przykład zastosowania różnego typu robotyzacji i przewidywany zwrot inwestycji [1]

Zastosowanie	Zatrudnienie (osób)		Amortyzacja (lat)
	tradycyjne	robotyzacja	
Telemanipulator na podwoziu samochodowym	4 - 8	2	20
Telemanipulator ze śmigłowca	4 - 8	2	3*
Śmigłowiec ze zrobotyzowaniem montażu sprzętu do PPN	2	0	7
Robot na stacji	**	**	3

*przy założeniu 300 godzin pracy na rok, ** mało istotne

Przykład oszczędności w stosunku do tradycyjnej techniki prac pod napięciem w stosunku do pracy zrobotyzowanej przy użyciu robota ROBTET zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Przykład oszczędności pracy tradycyjną techniką prac pod napięciem w stosunku do pracy zrobotyzowanej przy użyciu robota ROBTET [1]

Wyszczególnienie	Wymiana izolatorów przelotowych	Wymiana izolatorów odciągowych	Ekipa
Metoda pracy „z odległości”	20 min.	30 min.	min. 5 os.
Metoda pracy „w kontakcie”	15 min	20 min.	min. 3 os.
Zastosowanie robota ROBTET	20 min	35 min.	min. 1+1os.

Ogólne zastosowania robotów

Według oceny Międzynarodowej Federacji Robotyki w końcu XX wieku w eksploatacji było ponad 740 tys. robotów przemysłowych. Rynek robotów przemysłowych rozwija się dynamicznie i należy się spodziewać szybkiego tempa rozwoju w tej dziedzinie. Robotyka jest dziedziną nauki zajmującą się wszystkimi problemami dotyczącymi zastosowań i eksploatacji manipulatorów, robotów i maszyn kroczących i integruje ze sobą zagadnienia będące przedmiotem mechaniki, automatyki, sterowania i informatyki, sensoryki, a obecnie także sztucznej inteligencji. Robotyka przemysłowa zajmuje się natomiast zagadnieniami związanymi z zastosowaniem robotów i manipulatorów przemysłowych do robotyzacji procesów, które wymagają dużego wysiłku fizycznego i są szkodliwe, monotonne i niebezpieczne dla zdrowia człowieka.

Typowe obszary zastosowania robotów przemysłowych w różnych procesach technologicznych to: zgrzewanie punktowe, spawanie łukowe, montaż, manipulacja i paletyzacja oraz obsługa maszyn technologicznych i obrabiarek. Klasyfikacja robotów może być prowadzona według różnych kryteriów.

Ze względu na strukturę kinematyczną zespoły mechaniczne robotów przemysłowych mogą być rozwiązane jako roboty stacjonarne (manipulatory) lub jako roboty mobilne, które mogą przemieszczać się względem podłoża. Oczywiście możliwe jest także połączenie obu tych układów. Manipulatory, czyli jednostki kinematyczne robotów, zbudowane są jako układ członów połączonych ruchowo za pomocą tzw. par kinematycznych. Człony te mogą być łączone: szeregowo lub równoległe, tworząc otwarty lub zamknięty łańcuch kinematyczny. Tradycyjne

rozwiązania robotów o szeregowym układzie kinematycznym, to roboty o strukturze: przegubowej, kartezyjskiej, typu SCARA, sferycznej i cylindrycznej, nowe – to roboty wielokorbowe. Struktury współczesnych robotów o równoległym układzie członów, oparte o zamknięte łańcuchy kinematyczne, to manipulatory typu Delta i platforma Stewarta. Obecnie niezwykle intensywnie rozwija się idea modułowej budowy robotów przemysłowych. Idea ta owocuje zmniejszeniem kosztów wytwarzania i ceny robotów.

Ze względu na rodzaj i możliwości sterowania pracą, roboty dzieli się na klasy: sekwencyjny, realizujący zadane trajektorie, adaptacyjny (inteligentny) i teleoperator. W strukturze funkcjonalnej inteligentnego robota, którego cechą charakterystyczną jest zorientowanie na celowe zachowanie się w złożonym świecie zewnętrznym, można wyodrębnić trzy systemy: percepcji, czyli gromadzenia wiedzy, reprezentacji wiedzy i jej wykorzystania do sterowania ruchami robota.

Zdolność rozpoznawania przez robota stanu i zmian warunków zewnętrznych jest funkcją jego wyposażenia w układy sensoryczne realizujące działanie zmysłów człowieka. Praktyczne znaczenie we współcześnie budowanych robotach mają układy sensoryczne odpowiadające zmysłowi dotyku oraz wizyjny, realizujące zmysł wzroku. Współczesne roboty przemysłowe osiągnęły już poziom inteligencji pozwalający na zastosowanie ich w produkcji przemysłowej.

Przemysłowe wykorzystanie robotów jest ściśle związane z rozwijającymi się obecnie elastycznymi systemami wytwórczymi oraz komputerowo zintegrowanym wytwarzaniem. Zastosowanie robotów w tak zorganizowanej produkcji skutkuje: poprawą poziomu i stałością jakości produkcji, zwiększeniem wydajności i obniżeniem kosztów produkcji, humanizacją miejsca pracy, zmniejszeniem liczby braków i wzrostem elastyczności produkcji.

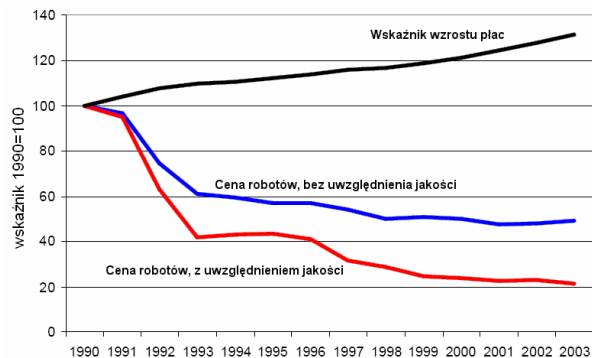
Rewolucyjna przyszłość robotyzacji

Według poświęconego rozwojowi robotyki raportu Gospodarczej Komisji Europejskiej ONZ, z 607 tys. robotów domowych działających w końcu 2003 roku dwie trzecie stanowiły zakupione w ciągu ostatniego roku, a 570 tys. - były to roboty-odkurzacze. W 2007 roku ma być w sumie 4,1 mln robotów domowych. Roboty-kosiarki mają dominować (tylko w 2003 roku sprzedano ich 37 tysięcy), ale spory będzie też udział robotów myjących podłogę albo okna. Natomiast, jak przewiduje raport do końca bieżącej dekady roboty będą nie tylko czyścić podłogi, ścinać trawniki czy strzec naszych domów, ale także powszechnie opiekować się ludźmi, sprawdzać instalacje trudnodostępne dla człowieka, gasić pożary, rozbrajać bomby i wg ostatnich doniesień prasowych pełnić funkcje zawodowych żołnierzy. Temu zainteresowaniu towarzyszy rekordowa liczba zamówień na roboty przemysłowe - podkreślono w dorocznym Światowym Przeglądzie Robotyki, publikowanym przez ONZ-owską Komisję Gospodarczą ds. Europy i Międzynarodową Federację Robotyki.

Do 2007 roku w przemyśle na świecie będzie ponadto pracować 1 milion robotów przemysłowych. Obecnie jest ich około 800 tys., najbardziej zrobotyzowany przemysł ma Japonia, gdzie pracuje ponad 350 tys. robotów przemysłowych. W Unii Europejskiej w przemyśle pracuje ok. 250 tys. robotów. Większość robotów przemysłowych w Europie pracuje w Niemczech, Włoszech i we Francji. W Stanach Zjednoczonych w przemyśle działa ok. 112 tys. robotów, przy czym zapotrzebowanie na nowe roboty wzrosło w 2003 o 28% (w Japonii o 25%). Roboty przemysłowe znajdują także coraz częściej nabywców

w krajach rozwijających się - w Brazylii, Chinach czy Meksyku. Jednym z powodów jest coraz bardziej przystępna cena. Robot przemysłowy kosztował w 2003 roku ¼ tego, co robot o analogicznej wydajności w 1990 roku. Roboty przemysłowe w większości pracują na liniach montażowych, ale działa też dla potrzeb przemysłu już ok. 21 tys. robotów "usługowych", które zajmują się szerokim spektrum prac: od dojenia krów po inspekcje instalacji czy niszczenie trujących odpadów. Do 2007 roku będzie ich w firmach ok. 75 tys. sztuk

Kształtowanie się wskaźnika ceny robotów przemysłowych we Francji z uwzględnieniem (i bez) jakości, w porównaniu do kształtowania się wskaźnika wzrostu płac w sektorze przemysłowym pokazano na rysunku 1. Utrzymywanie się tendencji obniżania cen robotów przy jednoczesnym wzroście zapotrzebowania na nie potwierdza przypuszczenie oczekiwania rewolucyjnych zmian w gospodarce i gospodarstwach domowych.



Rys. 1. Względne kształtowanie się cen robotów w latach 1990 – 2003 [1],[7]

Szanse robotyzacji w Polsce

Rozwój robotyzacji jest możliwy także w polskiej energetyce, pomijając problematykę wyposażenia w roboty elektrowni i elektrociepłowni, zastosowanie robotów powinno skoncentrować się w pierwszej fazie na zaawansowanej diagnostyce, a następnie wprowadzeniu telemanipulatorów do napraw sieci dystrybucyjnej. Łatwo adaptować dla potrzeb obsługi krajowej sieci przesyłowej automaty i usługi lotnicze. Warto także śledzić pierwsze doświadczenia z szerszej robotyzacji w kilku krajach europejskich. Już w tej chwili kilka polskich uczelni mogłoby ubiegać się o zastosowanie robotów w energetyce, choć jak zwykle potrzebne jest zrozumienie i wola dwóch stron (także przemysłu) w ich opracowaniu i upowszechnieniu. Najważniejszą szansą jest robotyzacja na stacjach WN.

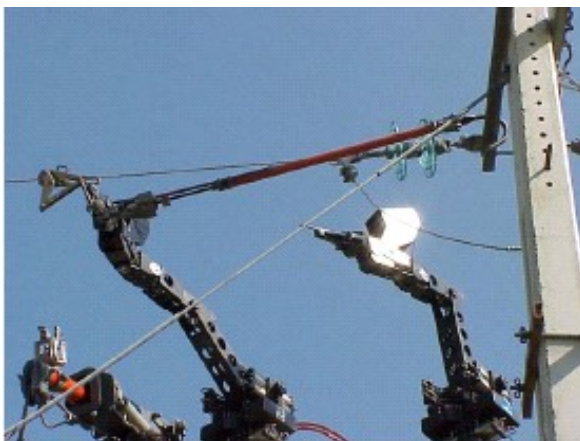
Robotyzacja budzi obawy społeczne, podobnie jak przed laty komputeryzacja, o miejsca pracy. Praktyka wykazała, że możliwe jest pogodzenie nowoczesności z systemami aktualnie obowiązującymi w energetyce. W sumie chodzi o jak najlepszą opiekę nad procesami technicznymi, a wspomaganie decyzji musi uwzględniać wiedzę ludzi. Zatem nowoczesność wkracza w tę dziedzinę ewolucyjnie, a uwalniany czas dzięki zastosowaniu robotów można zagospodarować na wiele sposobów, także przynoszącym gospodarce korzyści prowadzącym eksploatację. Pozwala rozszerzać pola aktywności zawodowej tam, gdzie dotychczasowe uwarunkowania je ograniczały.

Przykłady zastosowania robotów - ilustracje

Poniżej, na fotografiach zamieszczonych na rysunkach od 2 do 5 przedstawiono kilka wybranych przykładów robotów przeznaczonych do wykonywania prac w elektroenergetyce.



Rys.2. Kanadyjski robot do inspekcji linii



Rys.3. Przejęcie obciążenia z łańcucha izolatorów



Rys.4. Wypięcie izolatora



Rys.5. Widok ogólny hiszpańskiego robota do prac pod napięciem

Podsumowanie

Wielkie awarie w elektrowniach atomowych Three Mile Island, Czarnobylu; skutki ataku terrorystycznego na WTC uzmysłowiły w jak wielu sytuacjach mogą znaleźć zastosowanie roboty. Zarówno w strefach skażonych niewidocznym promieniowaniem, w gaszeniu pożarów, jak i w poszukiwaniu ludzi. W procesach przemysłowych zastosowanie robotów z jednej strony wynika z chęci zysków z produkcji powtarzalnych wyrobów, z drugiej strony odwaga poszukiwań usprawnienia prac często opiera się o entuzjazm i determinację osób o pionierskim zacięciu w ich rozwoju. Nie można nie doceniać takich postaw. Oczywiście koszty wytwarzania robotów są ciągle wysokie, ale niespodziewanie dobre pomysły i pożyteczne zastosowanie mogą przyspieszyć uzasadnioną zwiększoną ich produkcję i wyparcie metod dziś uważanych za tradycyjne. Przykładów z ostatnich 20 – 30 lat jest wiele, od telefonii komórkowej, poprzez fotografię cyfrową, aż do powszechnej komputeryzacji. Jesteśmy, czy tego chcemy czy nie, społeczeństwem informacyjnym, społeczeństwem wiedzy – jak spożytkujemy wiedzę zależy od nas – już dziś, tu i teraz.

LITERATURA

- [1] Dudek B.: Robotyzacja w technice prac pod napięciem, *Energetyka* nr 2, 2005
- [2] Materiały z europejskich konferencji ICOLIM: Kesthely 1992, Miluza 1994, Wenecja 1996, Lizbona 1998, Madryt 2000, Berlin 2002, Bukareszt 2004.
- [3] Dudek B.: Robotyka – perspektywy rozwoju w technice prac pod napięciem, *Materiały z krajowej konferencji PPN*, Kraków 2004
- [4] Kozubiński W., Najnowsze technologie PPN przedstawione na konferencji ICOLIM 2002 w Berlinie; *Materiały z krajowej konferencji PPN*, Toruń 2002, str. 21 - 28
- [5] Saferna J.: Robotyzacja prac pod napięciem (CIGRE 1988), *Biuletyn Energoprojektu* Kraków 1988
- [6] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: *Prace pod napięciem* (wyd. IV popr. i uzup.) ZIAD Bielsko Biała 2004
- [7] Fin 2003, plus de 26 000 robots industriels étaient en fonction dans l'industrie française, soit plus 8% sur 2002. *Komisja Gospodarcza ONZ, komunikat prasowy* 20.10.2004
- [8] Balawender A., Dudek B., Boczniowanie obwodów prądowych WN - bez i pod napięciem, *Materiały z IX Sympozjum EUI*, Zakopane 2003
- [9] Dudek B., Prace pod napięciem - eksploatacja układów izolacyjnych, *Materiały z VIII Sympozjum EUI*, Zakopane 2001

Autor: mgr inż. Bogumił Dudek, EPC S.A., ul. W. Górskiego 9, 00-033 Warszawa, e-mail: B.Dudek@epc.pl; Partner RE sp. z o.o., ul. Berbeckiego 6, 44-100 Gliwice, web-site: <http://www.ppn.pl>, e-mail: b.dudek@partnerre.com.pl;