Praca sprzętem zmechanizowanym przy czynnych urządzeniach elektroenergetycznych

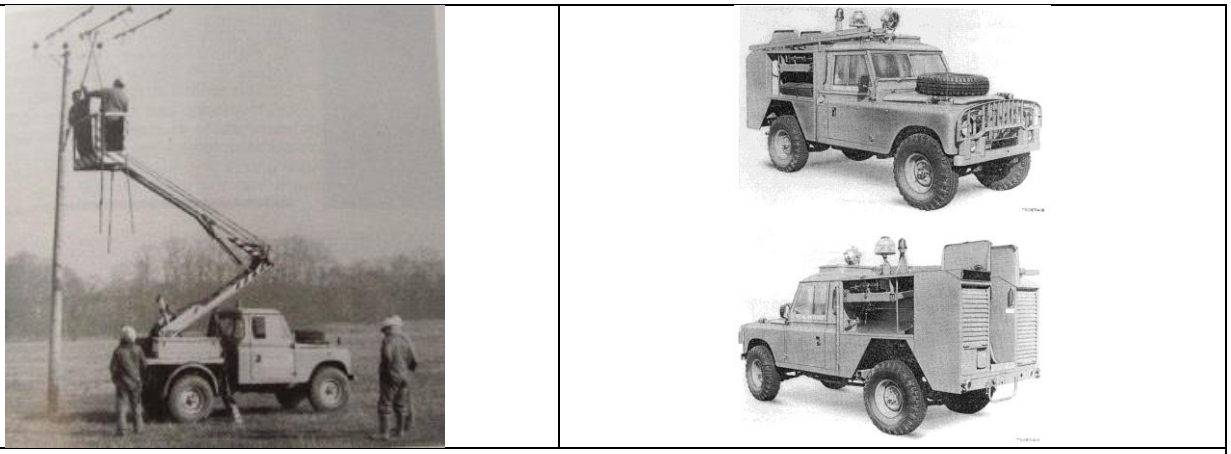
PKBwE SEP
Bogumił Dudek

Przed pięciu laty w publikacji w niniejszym Biuletynie [1] przeglądu stanu rozwoju bezwyłączeniowych technik na świecie nie zabrakło w części ilustracyjnej sprzętu zmechanizowanego: podnośników z ramieniem izolacyjnym, zrobotyzowanego ramienia izolatorowego i specjalistycznego urządzenia do odladzania izolacji. Od ówczesnej publikacji do dziś odbyły się: kolejna krajowa Konferencja prac pod napięciem w 2013 roku w Zielonej Górze, europejska międzynarodowa konferencja ICOLIM'2014 w Budapeszcie, szósty i siódmy południowoamerykański Kongres prac pod napięciem w 2013 r. w Concordii i 2015 roku w Buenos Aires. Potwierdza się słuszny kierunek rozwoju technik bezwyłączeniowych, o których była mowa w Biuletynie [2]. Wspomniane wydarzenia utwierdzają w przekonaniu coraz szerszego stosowania sprzętu zmechanizowanego na obiektach elektroenergetycznych zarówno sieci dystrybucyjnej jak i przesyłowej. Jednocześnie w 2013 roku dochodzi do zmian przepisów dotyczących bezpieczeństwa pracy [3] pozwalających na kolejne zbliżenie się do czynnych urządzeń, ale nie sprzętem zmechanizowanym do którego obowiązują nie zmienione dotychczasowe przepisy z 2003 roku [4]. Propozycje zmian w tej dziedzinie Autor proponuje na konferencji ELSAF'2015 [5] oraz podejmowane są działania Polskiego Komitetu Bezpieczeństwa w Elektryce SEP.

Zastosowanie sprzętu zmechanizowanego zwłaszcza podnośników koszowych do prac sieciowych w energetyce datuje się od momentu pojawienia się ich na rynku. Jednak początkowo w kraju podnośniki wykorzystywano do prac przy oświetleniu i/lub liniach biegnących wzdłuż dróg utwardzonych z uwagi, głównie na możliwości manewrowe i skromne wyposażenie dodatkowe. Po latach dostępny jest różnoraki sprzęt zmechanizowany z którego korzystają firmy energetyczne i świadczące usługi dla energetyki. Liczne wypadki zetknięcia się sprzętu z przewodami czynnych linii podczas prac wykonywanych w ich pobliżu skłoniło do określenia w przepisach państwowych odległości od linii w jakich prace można bezpiecznie wykonywać. Aktualnie obowiązujące przepisy regulują prace sprzętem zmechanizowanym w pobliżu linii jako podlegające uzgodnieniu z prowadzącym ich eksploatację (§25.4 [3]). Zatem prace blisko linii wymagają każdorazowo odpowiednich uzgodnień określających dla danego sprzętu i technologii robót zasady bezpieczeństwa i konieczności dozoru ze strony energetyki. Warto podkreślić, że nowe przepisy poszerzają pole możliwości (obszar) wykonywania prac sprzętem zmechanizowanym nawet przez personel nie wykwalifikowany. Ustalają także granice prac w pobliżu napięcia i pod napięciem, które z kolei wymagają zaangażowania personelu wykwalifikowanego z odpowiednimi uprawnieniami i upoważnieniami [3], [4].

Rys.1 Coraz częściej na stacjach i w pobliżu linii napowietrznych stosowany jest sprzęt zmechanizowany, zarówno do prac przy wyłączonych jak i czynnych urządzeniach

W początkowych latach stosowania podnośników do prac sieciowych na liniach czynnych zaowocowała wstawieniem pomiędzy metalowy kosz, a ramię podnośnika „izolatorków" i oznakowanie podnośników do prac pod napięciem. Jednak to rozwiązanie nie zostało zaakceptowane prawnie i podnośniki służyły jednak do prac na urządzeniach wyłączonych. Dopiero pojawienie się tworzyw sztucznych otwarło drogę do konstrukcji ramienia izolacyjnego i kosza umożliwiającego kontakt z czynną linią. W latach 70-tych ub. wieku pojawiła się cała gama podnośników o zasięgu ramienia nawet do ok. 50m i wytrzymałości elektrycznej rzędu 900kV. Od tego czasu potrzeby ciągle rosły i są stosowane w obsłudze zarówno linii dystrybucyjnych, jak i przesyłowych.



Rys.2 Historyczne zastosowanie pierwszych zwyżek i samochodów do elektrycznych prac sieciowych

Największe obawy budziła możliwość dojazdu do miejsc pracy, ale coraz większa gęstość sieci elektroenergetycznych i drogowych sprawiła poprawę efektywności zastosowania i rozszerzenia

zastosowań do prac na liniach także najwyższych napięć. Pojawiły się także normy na podnośniki z ramieniem izolacyjnym [6], [7].

Przepisy prawne regulujące prace sprzętu zmechanizowanego w pobliżu linii

Generalnie sprawy odległości od urządzeń energetycznych oprócz przepisów państwowych (rozporządzeń) regulują normy [6], [7], [8], które stanowią pomocniczą bazę do stanowienia przepisów szczegółowych, instrukcji.

Wykonywanie prac wymagających użycia sprzętu zmechanizowanego w pobliżu urządzeń i instalacji elektrycznych może odbywać się pod warunkiem zachowania odległości podanych w tab. 1. podanych za Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. nr 47, poz. 401), która zasady określa w § 55.

Wg tych zapisów nie jest dopuszczalne sytuowanie stanowisk pracy, składowisk wyrobów i materiałów lub maszyn i urządzeń budowlanych bezpośrednio pod napowietrznymi liniami elektroenergetycznymi lub w odległości liczonej w poziomie od skrajnych przewodów, mniejszej niż określone w tab.1.

Tabela 1 Odległości od czynnych urządzeń elektroenergetycznych przy stosowaniu sprzętu zmechanizowanego wg [4]

Napięcie znamionowe urządzenia [kV]	Dopuszczalna odległość zbliżenia [m]:
do 1	3
powyżej 1 do 15	5
powyżej 15 do 30	10
powyżej 30 do 110	15
powyżej 110	30

W cytowanym przepisie, w tym przypadku, nie ustala się czyli nie jest ważne czy linia jest czynna czy wyłączona – charakter przepisu jest stwierdzeniem ogólnym odnoszącym się do widocznych obiektów energetycznych.

Skonkretyzowanie ww. przepisu i odległości z zastosowaniem żurawi lub urządzeń załadowczo-wyładowczych precyzuje sposób mierzenia odległości, które wykonuje się do najdalej wysuniętego punktu urządzenia wraz z ładunkiem. Żurawie samojezdne, koparki i inne urządzenia ruchome, które mogą zbliżyć się na niebezpieczną odległość podana w tab.1 do napowietrznych lub kablowych linii elektroenergetycznych powinny być wyposażone w sygnalizatory napięcia. Ale ten zapis jest konsekwencją § 55.3 że przy wykonywaniu robót budowlanych z użyciem sprzętu zmechanizowanego, bezpośrednio pod linią wysokiego napięcia, należy uzgodnić bezpieczne warunki pracy z jej użytkownikiem.

Regulacje prawne odległości zbliżenia dla energetyki zawodowej

Zachowuje się odległości od urządzenia nie tylko aby nie ulec porażeniu prądem, ale także aby uniknąć skutków mogących się pojawić przepięć, zwarć i efektów indukcji. Dlatego też normy europejskie definiują pojęcia **zagrożenia elektrycznego** jako *źródła możliwego urazu ciała lub*

utraty zdrowia wywołanego energią pochodzącą z urządzenia elektrycznego. Do czasu dominacji prac eksploatacyjnych na urządzeniach elektrycznych wyłączonych tego typu zagrożenie właściwie nie miało prawa się pojawić. Ale się pojawiało, dlatego w statystykach wypadkowości pracy przy wyłączonych urządzeniach dominuje błąd (czynnik) ludzki, a liczba wypadków historycznie była zatrważająca.

Dopuszczanie do zbliżania się pracowników zatrudnionych przy eksploatacji urządzeń elektrycznych regulują przepisy państwowe. Sprawy zachowania bezpiecznych odległości reguluje Rozporządzenie MG w sprawie BHP [3] wydane trzy lata temu, choć w przepisach Prowadzących eksploatację jeszcze dość często można spotkać odległości ze starego Rozp. MG z 1999 roku.
Dostrzeżone różnice w interpretacji bezpiecznych odległości dla potrzeb prac eksploatacyjnych polskiego rozporządzenia z 1999 roku w stosunku do polskich norm wydanych w ostatnich latach, a zwłaszcza PN-EN 50110-1 i PN-EN 61472 wydanych w roku 2005 spowodowały przygotowanie w 2008 roku załącznika krajowego PN – EN 50110-2 i próbę rewizji dotychczasowych odległości. Mimo, że nie budzi wątpliwości wyższość krajowych aktów prawnych: ustaw i rozporządzeń - nad normami, to jednak nie powinno być sprzeczności i znacznych rozbieżności między tymi dokumentami, zwłaszcza gdy przyjmuje się dla nich określenie PN. Sytuację komplikuje także hierarchia określeń użytych do wymiarowania obszaru w którym można realizować np. prace pod napięciem (PPN): strefy, odległości i odstępy. Przez blisko 60 lat zmiany definicji i potrzeb określania przestrzeni do wykonywania prac elektrycznych ulegały zmianom dostosowującym je do ciągle poszerzanej wiedzy bazującej na pracach teoretycznych i wysokonapięciowych badaniach laboratoryjnych.

Minimalne odstępy w powietrzu od nieosłoniętych urządzeń i instalacji elektrycznych lub ich części znajdujących się pod napięciem, wyznaczające zewnętrzne granice strefy prac, mają wartości podane w tabeli 2 [3]:

Tabela 2 Minimalne odstępy w powietrzu od czynnych urządzeń i instalacji wg [3]

Napięcie znamionowe urządzenia lub instalacji elektrycznej	Minimalny odstęp w powietrzu, wyznaczający zewnętrzną granicę strefy	
	prac pod napięciem	prac w pobliżu napięcia
kV	mm	mm
≤ 1	bez dotyku	300
3	60	1 120
6	90	1 120
10	120	1 150
15	160	1 160
20	220	1 220

30	320	1 320
110	1 000	2 000
220	1 600	3 000
400	2 500	4 000
750	5 300	8 400

Powtórzmy: *Wykonywanie prac przy urządzeniach elektroenergetycznych wymagających użycia sprzętu zmechanizowanego może odbywać się pod warunkiem, że prowadzący eksploatację określi warunki prowadzenia tych prac, mając na uwadze zachowanie odpowiedniego poziomu ich bezpieczeństwa*.
Z kolei personel przeszkolony do PPN przed rozpoczęciem prac pod napięciem lub w pobliżu napięcia powinien mieć zapewnione przez Prowadzącego eksploatację instrukcje określające technologię, wymagane narzędzia oraz środki ochronne, które należy stosować podczas prowadzenia tych prac.

Sumując opracowanie zasad stosowania sprzętu zmechanizowanego w pobliżu linii napowietrznych nie powinno bazować na normach związanych z budownictwem linii, ani na starych normach i przepisach BHP z 1999 roku, gdyż podważa jednolite zasady stanowione na podstawie aktów wykonawczych do ustaw zwanych rozporządzeniami oraz utrudnia interpretację warunków przetargowych na usługi eksploatacyjne. Tłumaczenie często stosowane przez stanowiących przepisy zakładowe to: większe odległości od urządzeń wzrasta bezpieczeństwo. Niczym nie podparta fałszywa teza. Miejmy nadzieję, że krytykowane ustawianie znaków drogowych ograniczających prędkość w dowolnej odległości od miejsca chronionego nie opiera się na podobnej zasadzie.

Tabela 3 Projekt Autorski odległości wokół nie osłoniętych urządzeń elektroenergetycznych lub ich części znajdujących pod napięciem, wyznaczająca dopuszczalną odległość zbliżenia przy pracy sprzętem zmechanizowanym na podstawie [3] i [4] – do dyskusji.

Napięcie znamionowe /kV/	**Dopuszczalne odległości w przestrzeni (poziome i pionowe) pomiędzy najbliższym/skrajnym nieuziemionym elementem urządzenia elektroenergetycznego** (1) **a strefą działania sprzętu zmechanizowanego (uwzględniając gabaryty ładunku)**	
	Prace przy czynnej linii i na terenie stacji [m] (pod nadzorem)	**Prace przy czynnej linii [m] (bez nadzoru)**
1	**3**	*4*
< 1	**od 0,3 do 3**	**powyżej 3,0** (4)
pow. 1 do 15 (2)	**od 1,16 do 5,0**	**powyżej 5,0** (4)
pow. 15 do 30 (3)	**od 1,32 do 10,0**	**powyżej 10,0** (4)
110	**>2,0 < 15,0**	**powyżej 15,0** (4)
220	**>3,0 < 30,0**	**powyżej 30,0** (5)
400	**>4,0 < 30,0**	**powyżej 30,0** (5)
750	**>8,4 < 30,0**	**powyżej 30,0** (5)

(1) nie ma zastosowania do prac wykonywanych przy urządzeniach elektroenergetycznych zasilania sieci trakcyjnej i kolejowej sieci trakcyjnej, pracujących w systemie zasilania o napięciu 3 kV prądu stałego, które należy podać w przepisach, instrukcjach prowadzącego eksploatację tych urządzeń.

(2) najbardziej rozpowszechnione są linie napowietrzne 15 kV, zatem dla właścicieli sieci o napięciu 3, 6, 10 kV można zastosować odległości z tab.3

(3) w tym przedziale napięciowym najbardziej rozpowszechnione są linie 20 kV, sporadycznie 30 kV; a więc zainteresowani mogą uwzględnić poziom napięcia 20 kV wg odległości z tab.3

(4) pod liniami i aparaturą stacyjną wymaga konsultacji i/lub uzgodnień pisemnych z prowadzącym eksploatacje

(5) powyżej 30 do 100 m zalecane konsultacje z prowadzącym eksploatacje, z powodu możliwości pojawiania się napięć indukowanych znacznej wartości

W zgodzie z ustanowionymi przepisami podaję poniżej w tabeli 4 autorski projekt zapisów do instrukcji zakładowych uważając, że należy także zweryfikować odległości maksymalne. W chwili obecnej stosowanie wartości maksymalnych jest uzasadnione długoletnią praktyką (przyzwyczajeniem) w jakich obszarach prac należy ustalać warunki ich realizacji. Nie zmienia to faktu, że godząc się na prace przy czynnych liniach bez nadzoru w odległościach powyżej podanych w tabeli 1 mogą wystąpić skutki oddziaływania elektromagnetycznego linii NN w zakresie do 100 m, od osi linii, zwłaszcza gdy sprzęt zmechanizowany jest stosowany do ciągnięcia przewodów (np. budowa długich ogrodzeń metalowych, rozciągania linek metalowych do winnic, zakładanie pastuchów elektrycznych).

Zastosowania sprzętu zmechanizowanego do prac pod napięciem

W sytuacjach, gdy musimy wykonać prace remontowe bądź instalacyjne na znacznej wysokości pod napięciem, użycie izolowanego podnośnika koszowego znacznie poprawia bezpieczeństwo i komfort pracy. Izolowane podnośniki koszowe mają zastosowanie przy pracach pod napięciem w sieciach napowietrznych średniego napięcia wg standardów opracowanych np. przez PTPIREE. Podnośniki mają różne wysokości pracy najczęściej od ok. 12,0 do 24,5 m i zasięg boczny od 6,0 do 15,0 m

Coraz częściej i szerzej do prac pod napięciem w elektroenergetykach europejskich stosuje się podnośniki koszowo – montażowe zarówno do prac utrzymania sieci jak i profilaktyki pozwalającej zachować bezawaryjną pracę linii napowietrznych średniego (powyżej 1 do 30 kV), wysokiego (110 kV) i najwyższych napięć (równych lub powyżej 220 kV). W szerokim zakresie podnośniki wykorzystywane są także do podobnych do prac na stacjach.

Najczęściej stosowane technologie przy użyciu podnośników korzystają z wszelkich dostępnych schematów pracy i znanych metod: „w kontakcie", „z odległości" oraz „na potencjale". Podnośniki pozwalają na szersze zastosowanie metod PPN włączając w nie prace metodą „kombinowaną", wykorzystującą do realizacji jednej technologii kilka metod pracy. Ta ostatnia metoda szczególnie szerokie zastosowanie znalazła we Francji i ich doświadczenie energetyków francuskich wspomaga rozwój usług świadczonych przy użyciu tego typu sprzętu zmechanizowanego. W ostatnich latach ofertę rozszerzono o zrobotyzowany, automatyczny podnośnik do prac eksploatacyjnych na stacjach wysokich i najwyższych napięć.

Rys.3 Francuski podnośnik z ramieniem izolacyjnym Podnośnik podczas prac na linii SN

Rys.4 Zautomatyzowany francuski podnośnik ATBI na stacji podczas prac na odłączniku pantografowym [9]

Podstawową różnicą w stosunku do stosowanych powszechnie podnośników jest wyposażenie ramienia podnośnika we wstawki z materiału izolacyjnego umożliwiające zastosowanie różnych metod pracy z utrzymaniem wysokiego bezpieczeństwa pracy monterów, z jednoczesnym zapewnieniem funkcjonowania urządzenia elektroenergetycznego. W przypadku zautomatyzowanego podnośnika podstawową izolację stanowią podwójne izolatory umożliwiające prace przy urządzeniach stacyjnych do 500 kV.

Możliwości prac z podnośników zależą od dostępności miejsca pracy. Zaletą oferowanych na rynku podnośników jest uzyskiwanie wysokiej skuteczności realizacji prac dzięki rotacyjnemu (360°) sterowaniu położenia koszów, z wykorzystaniem zajętej pozycji pracy do jej wykonania dzięki elastycznym technologiom i sprawnemu przechodzeniu z jednej metody w inną. Zastosowanie takich elastycznych metod daje większą satysfakcję brygadom i kierownictwu, które musi zaplanować każdą pracę w miarę dostępnych środków organizacyjnych i sprzętowych. Pozwala także na lepszą koncentrację podczas prac zwłaszcza z przechodzenia z metody na metodę, w których praca zespołowa odgrywa pierwszoplanową rolę. Skuteczność takiego trybu postępowania potwierdza wieloletnia bezawaryjna i bezwypadkowa praca energetyków, którzy takich prac się podjęli.

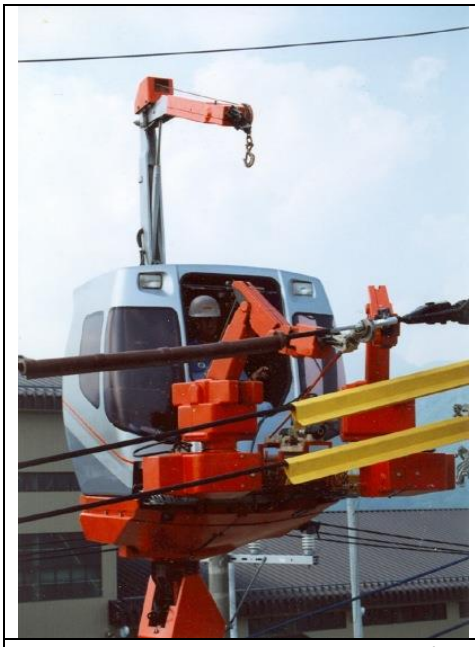
W różnych technologiach utrzymania linii obejmujących także usuwanie uszkodzonych elementów układu sieciowego, ich wymiany lub naprawy stosuje się m.in. specjalistyczne narzędzia, które można wykorzystać z zasobów już posiadanych lub dedykowanych dla konkretnych potrzeb. W celu przybliżenia praktycznej strony wykorzystania podnośników podane zostanie kilka przykładów ich zastosowania na liniach napowietrznych średniego napięcia.

Oczywiście przykładów prac może być znacznie więcej – można wymienić dowolny układ izolatorów, zamontować lub usunąć różnorakie elementy wyposażenia linii. Konstrukcja podnośnika zapewnia odizolowanie od ziemi i nie stwarza zagrożenia ani dla monterów, ani operatora, ani kierującego zespołem. Wykorzystywanie podnośników z izolacyjnymi wysięgnikami przy współczesnych możliwościach podwozi samochodowych do wjazdu nawet w trudnodostępne warunki terenowe jest obecnie szeroko stosowane. Istotnym walorem tego rozwiązania jest znacznie skrócony czas transportu monterów do naprawy urządzenia, a ponadto bardzo ograniczony wydatek ergonomiczny monterów przy pracy.
W nowym projekcie normy IEC CDV 61057 z 2015 roku w informacyjnym Załączniku A sankcjonuje się możliwość wykonywania prac różnymi metodami PPN z koszy podnośników montażowych określając odpowiednie ich charakterystyki.

NOWE OBSZARY ZASTOSOWANIA SPRZĘTU ZMECHANIZOWANEGO

W przypadku prac sprzętem zmechanizowanym można zwrócić uwagę na pojawiające się nowe tendencje rozwoju usług sieciowych. Dla potrzeb eksploatacji linii napowietrznych dystrybucyjnych stosuje się dwa rodzaje robotów pozwalających na pracę za pomocą efektorów sterowanych ręcznie lub sterowanych zdalnie. Do wymiany izolatorów w sieci powyżej 110 kV zastosowano w ostatnich latach zrobotyzowane ramię pozwalające na wykonanie szeregu prac przy wymianie izolacji, poprzeczników i słupów – jest kierunek z roku na rok zwiększający swój udział w rynku usług. W wielu krajach stosuje się mycie, czyszczenie zabrudzonej izolacji za pomocą specjalnych cystern samochodowych z automatycznie sterowanymi prądownicami. Oczyszczanie stosuje się w przypadku

pewnych zabrudzeń przemysłowych, solnych wzdłuż wybrzeży morskich i zanieczyszczonych różnymi pyłami odrywanymi od ziemi w obszarach pustynnych.



Rys. 5 Wykorzystanie podnośników od robotyzacji prac w sieci dystrybucyjnej

Rys. 6 Zastosowanie sprzętu zmechanizowanego i zautomatyzowanego do prac przy myciu izolacji urządzeń elektrycznych

W przypadku stacji od wielu lat stosowany system ustawiania, demontowania aparatury wykorzystuje urządzenia dźwigowe, które powoli są zastępowane urządzeniami samojezdnymi, nierzadko zdalnie sterowanymi o funkcjach podnośników widłowych czyli podnoszenie „od góry", zastępowane jest podnoszeniem „od dołu". Stosowane są coraz częściej takie rozwiązania sytuowania aparatury stacyjnej tak, aby każdym aparatem, izolatorem wsporczym łatwo uwolnić się od systemu połączeń elektrycznych, oszynowania transportując je do w strefę bezpiecznej lub co najwyżej prostszych prac w pobliżu napięcia.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie sprzętu zmechanizowanego w pobliżu linii napowietrznych wymaga jednolitych uregulowań prawnych. Zaproponowano w tab.3 ujednolicenie wymagań dla prac sprzętem zmechanizowanym w pobliżu linii elektroenergetycznych i na terenie stacji w zgodności z obowiązującymi przepisami. Stosowanie zunifikowanych rozwiązań ułatwi absorpcje podobnych rozwiązań sprzętowych i wyposażenia w ramach wielu krajów, poprawiając konkurencyjność i przejrzystość stosowanych reguł technicznych i ekonomicznych, zwłaszcza firm świadczących usługi eksploatacyjne dla energetyki.
Wdrożenie prac pod napięciem w sieciach średniego, wysokiego i najwyższego napięcia (liniach i stacjach) przy użyciu podnośników koszowo – montażowych z ramieniem izolacyjnym, także zautomatyzowanych podnośników wymaga opracowania lub adaptacji odpowiednich technologii PPN. Niezbędne jest przy tym pełne, choć typowe wyposażanie sprzętowe do tych prac, m.in. drążków izolacyjnych, ubiorów przeznaczonych do realizacji konkretnych metod uzupełnionych elektroizolacyjnymi rękawicami i rękawami ochronnymi itp.

LITERATURA

1. Dudek B.: Aspekty nowej jakości dostaw energii elektrycznej wynikające z rozwoju bezwyłączeniowych technik utrzymania urządzeń elektroenergetycznych na świecie, Biuletyn Techniczny Oddziału Krakowskiego SEP nr 4, 2011 s.3-11
2. Szastałło J., Mikołajczyk K.: Doświadczenia z prac bez wyłączania napięcia w sieci PSE Operator S.A., Biuletyn Techniczny Oddziału Krakowskiego SEP nr 4, 2011 s.29-38
3. Rozp. MG w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz.U. z dn.23.04.2013 poz. 492)
4. Rozp. Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. nr 47, poz. 401)
5. Dudek B.: Bezpieczeństwo pracy sprzętem zmechanizowanym przy urządzeniach elektroenergetycznych, XX Konferencja n-t. Bezpieczeństwo elektryczne ELSAF'2015 s.187-197
6. IEC 61057 Ed.2.0:2014 Live working – Insulating aerial devices for mounting on a chassis
   PN-EN 61057:2002/AC:2006. Podnośniki z wysięgnikiem izolacyjnym stosowane do prac pod napięciem.
7. PN-EN 50110-1 i 2: Eksploatacja urządzeń elektrycznych.
8. PN-EN 61472: Prace pod napięciem – Minimalne odległości zbliżenia w sieciach prądu przemiennego od 72,5 do 800 kV – Metody obliczania.
9. Sysko M., Rząsa M.: Zastosowanie podnośników koszowo-montażowych do prac pod napięciem 15-400 kV, Energetyka nr 6, 2015