

Dobór przewodów do aplikacji przemysłowych, produkty Lapp Kabel

Mariusz Pajkowski

Budowa przewodu elektrycznego jest powszechnie znana – najprostszą jego konstrukcją jest żyła z materiału przewodzącego w otulinie wykonanej z tworzywa o właściwościach izolacyjnych. Te dwa elementy występują jednak w bardzo różnych kombinacjach, co sprawia, że na rynku dostępne są setki, jeżeli nie tysiące różnych typów przewodów elektrycznych. W zależności od warunków pracy konieczne jest dobranie przewodów o odpowiednich właściwościach – zapewniających trwałość i bezpieczeństwo połączenia. Artykuł odpowiada na pytanie czym różnią się poszczególne konstrukcje, jakie parametry przewodów są najistotniejsze dla użytkownika oraz kiedy warto skorzystać z produktu specjalistycznego.

Funkcje przewodów elektrycznych, dokonując ich zgrubnego podziału, mogą być dwojakie – związane z zasilaniem oraz sterowaniem. Pod pojęciem zasilania rozumie się bezpośrednie dostarczanie energii elektrycznej niezbędnej do funkcjonowania obiektu lub urządzenia, przy czym nieistotna jest w tym przypadku moc odbiornika. Mogą to być dziesiątki lub setki kilowatów – charakterystyczne dla większych silników lub całych zespołów maszyn, ale też kilka watów lub wręcz miliwatów potrzebnych do zasilania układów elektronicznych. Sterowanie to odrębna grupa zagadnień. Tego typu układy, w uproszczeniu, decydują o skierowaniu energii elektrycznej w odpowiednie miejsca urządzenia. Należć do nich może prosty układ sterowania oparty o kilka styczników lub rozbudowana instalacja automatyki przemysłowej zbudowana na bazie programowalnego sterownika PLC.

Skutki uszkodzeń

Istotnym rozróżnieniem instalacji zasilającej i sterowniczej są potencjalne skutki uszkodzeń, czyli to, co może stać się w przypadku nagłego odcięcia dopływu energii elektrycznej, a co wskutek przerwania transmisji danych. Zazwyczaj bardziej niebezpieczne jest nagłe odłączenie



Rys. 1. Głowica maszyny drążącej o średnicy 11,8 metra podczas pracy w najdłuższym tunelu kolejowym – alpejskim Gotthard Base Tunnel; w maszynie wykorzystano m.in. przewody zasilające i sterujące Ölflex oraz złącza Epic firmy Lapp Kabel

zasilania, ponieważ, pomijając układy o pełnym back-up'ie zasilania, powoduje to nagłe przerwanie procesu produkcyjnego. Skutkiem tego może być np. przegrzanie się instalacji, krystalizacja substancji w rurociągach czy utrata kontroli operatora nad przemieszczanym ładunkiem. Są to sytuacje bardzo niebezpieczne dla obsługi oraz mogące powodować wyjątkowo kosztowne uszkodzenia maszyn produkcyjnych. W przypadku awarii przewodów sterowniczych dobrze zaprojektowany system sterowania ma zabezpieczenia pozwalające bezpiecznie dokończyć proces produkcyjny lub go zawiesić, dając jednocześnie sygnał awarii dla obsługujących system pracowników. Obecnie standardem są

redundantne systemy sterowania, czyli takie, które w przypadku jednego uszkodzenia układu sterowania automatycznie przełączają się na drugi, dublujący pracę systemu podstawowego.

Najczęstsze zagrożenia

Niezależnie od rodzaju instalacji, każde nieprawidłowe funkcjonowanie przewodów elektrycznych pociąga za sobą wymierne koszty. Dlatego podstawową funkcją instalacji elektrycznej pożądaną przez użytkownika jest jej długa i bezawaryjna praca w danych warunkach środowiskowych. Pracę przewodów elektrycznych mogą zakłócić czynniki takie, jak:



Rys. 2. Porównanie przewodów w izolacji gumowej (czarny) i poliuretanowej (żółty)

- uszkodzenia mechaniczne materiałów izolacyjnych – przecięcie, przetarcie izolacji zewnętrznej lub wewnętrznej. Konsekwencją jest np. przebicie, zwarcie w instalacji a szczególnie niebezpiecznym zdarzeniem może być porażenie elektryczne;
- uszkodzenie mechaniczne żyły – przerwanie ciągłości żyły, przerwanie ciągłości ekranu przewodu wynikające z częstego zginania przewodu, przemieszczania, nawijania na bębny, pracy w ruchomych korytach (przewodnicach łańcuchowych). Skutkuje to nagłą przerwą w przesyłaniu danych, zmniejszeniem się przekroju żyły i jej nadmiernym nagrzewaniem lub odcięciem zasilania;
- zagrożenia chemiczne – kontakt izolacji przewodu z agresywną substancją powoduje obniżenie jej parametrów elektrycznych lub mechanicznych. Skutki będą podobne jak w przypadku mechanicznego uszkodzenia izolacji;
- zbyt wysoka lub niska temperatura – stałe lub chwilowe przebywanie przewodów w podwyższonej (ponad 60°C) temperaturze lub w warunkach silnego schłodzenia (poniżej -20°C). W tej grupie czynników należy także uwzględnić częste wahania temperatury. Najczęstszą konsekwencją jest stopienie izolacji, sklejenie żył, przebicie lub zwarcie. W niskich temperaturach następuje pękanie izolacji żył lub izolacji płaszcza;
- promieniowanie – najczęściej występujące promieniowanie UV (np. światło słoneczne), ale także promieniowanie jonizujące lub rentgenowskie. W efekcie długotrwałej ekspozycji na promieniowanie izolacje przewodów mogą tracić giętkość i parametry elektryczne. Najczęstszym zjawiskiem jest zmiana koloru powłoki zewnętrznej (blaknięcie);
- zakłócające promieniowanie elektromagnetyczne – zakres częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego, który wiąże się bezpośrednio z użytkowaniem urządzeń elektrycznych, elektronicznych i radiowych (do 300 MHz). Dla instalacji pomiarowej czy w przypadku transmisji danych może skutkować to błędnymi odczytami wartości wielkości mierzonej (sygnały analogowe) lub cał-

kowitym zaprzestaniem transmisji (sygnały cyfrowe). Na podstawie zafałszowanych danych system sterowania podejmie niewłaściwe decyzje, np. otrzymując informację o temperaturze niższej niż rzeczywistość nie otworzy w odpowiednim momencie zaworu bezpieczeństwa.

Żadnego z powyższych zagrożeń nie można w pełni wyeliminować, ale skutki wystąpienia każdego z nich można zminimalizować poprzez stosowanie odpowiednich przewodów elektrycznych. Należy wybrać odpowiedni rodzaj żyły przewodzącej, zdecydować o izolacjach żył i materiałach płaszcza zewnętrznego, a także określić przydatność dodatkowych elementów budowy przewodu, takich jak ekrany, pancerze czy włókna wzmacniające. Wówczas spośród setek wyrobów można wybrać ten optymalny dla danej instalacji.

Uszkodzenia mechaniczne izolacji

Pewnej grupie uszkodzeń mechanicznych nie sposób zapobiec. Są to uszkodzenia wynikające z wandalizmu, niekompetencji lub niefrasobliwości osób obsługujących urządzenia elektryczne. Znanych jest wiele przypadków przecięcia linii za-

silającej przez operatora koparki czy zerwania przewodu napowietrznego przez przejeżdżający pod nim wózek widłowy. Można natomiast znacznie ograniczyć liczbę awarii w miejscach, w których zagrożenie mechaniczne jest znane lub przewidywalne. W takich miejscach dobrze jest wybierać przewody w izolacjach zewnętrznych z tworzyw o podwyższonej odporności mechanicznej. Tradycyjnie izolacją taką będzie jeden z gatunków gumy. Grube i plastyczne płaszcze przewodów gumowych dobrze chronią żyły w przypadku zgniecenia przewodu (nadeptnięcia, najechania). Kiedy głównym niebezpieczeństwem jest ścieranie izolacji (praca na posadzce betonowej) lub zadrapanie, nacięcie przewodu (ostre krawędzie konstrukcji stalowej) – wówczas lepiej sprawdzą się przewody w izolacji z poliuretanu (PUR). Jest ona twardsza do gumy, a jednocześnie będzie cieńsza i lżejsza, co sprawdza się w przewodach służących jako przedłużacze lub podłączenia elektronarzędzi. W specyficznym przypadku nałożenia się problemów z nacinaniem izolacji i nakłuwaniem (np. przez wióry pozostałe po obróbce elementów metalowych) warto rozważyć użycie przewodów w pancerzach ze stali. Wersje takie, dzięki pancerzowi wykonanemu z plecionki, nadal pozostają elastyczne a jednocześnie zapewniają bardzo wysoką ochronę mechaniczną. Sprawdzają się m.in. przy podłączaniu pedałów sterujących w pobliżu obrabiarek i pras do metalu, gdzie spadające elementy metalowe ucinają tradycyjne przewody.



Rys. 3. Na placach budów przewody są szczególnie narażone na uszkodzenia mechaniczne

Dobór przewodów – studium przypadku

Przypadek dotyczy dużej firmy spedycyjnej, która przy stanowiskach załadunkowych dla naczep (tzw. „gejtach”) ma system odczytywania kodów kreskowych z palet. Skaner jest ruchomy w poziomie i podłączony przewodami ułożonymi w ruchomej prowadnicy kablowej. Każdego roku, w zimie, pojawiały się problemy ze skanerami. Odczyty były błędne lub skanery całkowicie odmawiały posłuszeństwa. Generowało to opóźnienia w załadunku i rozładunku, co w przypadku firmy spedycyjnej jest niedopuszczalne. Podejrzewano, że przyczyna leży w przewodach do transmisji danych, ale stosowano zawsze fabrycznie dobrane przewody, przeznaczone do wielu milionów cykli zginania, trudno więc było kwestionować poprawność ich działania. Po dokładnej analizie zagadnienia przez specjalistę od przewodów elektrycznych okazało się, że oryginalne przewody miały zakres pracy od -5°C, a zimą, przy gruncie, szczególnie we wczesnych godzinach porannych temperatura spadała nawet do -20°C. Pracujące przy samej rampie przewody skanerów nie wytrzymały tak niskich temperatur. Wykonana z PVC izolacja żył pękała i od czasu do czasu następowało zwarcie żył, zawieszając transmisję. Zaproponowano wymianę przewodów na wersje z żyłami w izolacji z termoplastycznych elastomerów (TPE) o giętkości od -40°C i awarie ustały.

Może się również zdarzyć, że mimo zastosowania solidnych przewodów, uszkodzenia mechaniczne nadal stanowią częstą przyczynę awarii. Wówczas zdecydowanie poleca się stosowanie dodatkowo węży osłonowych, najlepiej giętkich. Ich wybór jest bardzo szeroki, zarówno jeżeli chodzi o wyroby z tworzywa jak i z metalu a także wersje kombinowane, np. solidny metalowy, giętki wąż pokryty olejoodporną powłoką z tworzywa Silvyn LCC.

Uszkodzenie mechaniczne żył

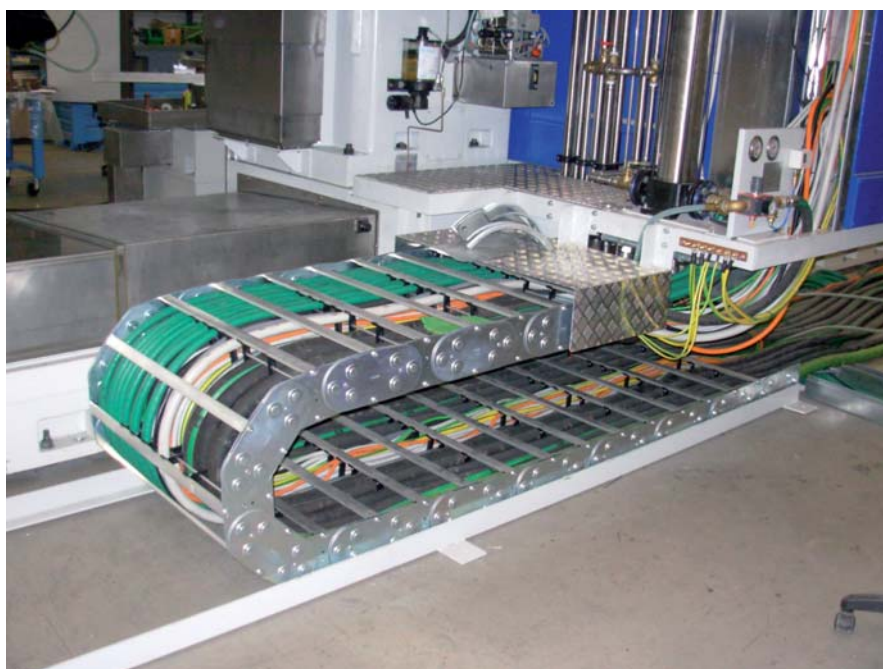
Pomijając przecięcie, przetarcie całego przewodu, któremu towarzyszy przerwanie ciągłości żył elektrycznych, najczęstszą przyczyną niewidocznego z zewnątrz uszkodzenia żył jest ich przełamanie w wyniku częstego zginania. Niestety, na skutek ruchu wszystkie elementy metalo-

we z czasem się osłabiają mechanicznie i pękają. Proces degradacji można jednak znacznie opóźnić, stosując żyły o określonej klasie giętkości. Norma PN-EN 60228 – Żyły przewodów i kabli zawiera definicję budowy żył przewodów miedzianych i aluminiowych. Dla wersji miedzianych funkcjonują klasy giętkości 1, 2, 5 i 6. Klasy 1 i 2 to żyły drutowe lub wielodrutowe, sztywne, wyłącznie do montażu na stałe. Żyły klasy 5 są już skręcone z cienkich drucików i zbudowane z takich żył przewody definiowane są jako giętkie, mogące pracować w ruchu. Klasa 6 to żyły skręcone z jeszcze cieńszych drucików (o średnicy 0,2 mm i mniej), określane jako bardzo giętkie. Wiedząc, że przewód w instalacji będzie musiał się przemieszczać, warto wybrać od razu przewody wykonane z żył 6. klasy. W szczególności dotyczy to instalacji umieszczonych w prowadnicach

kablowych (prowadnicach), gdzie ruch elementów urządzenia trwa nieustannie, jako część procesu produkcyjnego. Takimi maszynami są np. wszelkie obrabiarki (do metalu, drewna), linie pakujące (paletyzery), podajniki zautomatyzowane (roboty) i wiele innych. Producenci przewodów przeznaczonych do ciągłego ruchu, poza żyłami klasy 6, stosują w nich dodatkowe rozwiązania przedłużające żywotność instalacji. Ciasne skręcenie żył w pęczki, nieklejąca się izolacja żył, dodatkowe obwoje ze śliskich taśm (np. PTFE) to elementy pozwalające zagwarantować użytkownikowi określoną liczbę cykli zginania. Dla najlepszych produktów ilość możliwych cykli dochodzi do 5 milionów.

Inne rodzaje ruchu

Niezmiernie ważne jest posiadanie wiedzy, czy poza zginaniem przewodów będzie wykonywał inny rodzaj ruchu, gdyż to wymusza skorzystanie z kolejnej grupy produktów. Przewody montowane na robotach przemysłowych podlegają skręcaniu wzdłuż własnej osi. Podobny rodzaj ruchu, ale o zupełnie innej dynamice, występuje w elektrowniach wiatrowych – dokładniej w wiatrakach. We wnętrzu masztu zwisające swobodnie przewody także poddawane są skręcaniu. Całkowicie osobną grupą są przewody przeznaczone do pracy na dźwigach i suwnicach. Na tych urządzeniach przewody pracują nawijane na bębny lub są przewijane przez rolki. Muszą być zatem odporne na naprężenia wzdłuż-



Rys. 4. Prowadnica łańcuchowa z przewodami, praca w ruchu ciągłym





Rys. 5. Szczegóły budowy przewodu do pracy w ruchu ciągłym Ölflex Servo FD 795 CP



Rys. 6. Porównanie przewodów w izolacji silikonowej (czerwony) i PTFE (czarny)

ne, dlatego ich konstrukcje zawierają specjalne linki nośne (z tworzywa lub metalu), które naprężenia te właśnie przejmują. Z wszelkich przewodów elektrycznych wersje przeznaczone do pracy w ciągłym ruchu można uznać za najbardziej specjalistyczne i zaawansowane technologicznie.

Zagrożenia chemiczne

Przewody elektryczne pracujące w warunkach przemysłowych zawsze mają styczność ze stosowanymi przy produkcji środkami chemicznymi. Może to być kontakt zamierzony (np. przewody w zakładach spożywczych są systematycznie myte i dezynfekowane) lub przypadkowy, występujący podczas awarii. Ten ostatni to przykładowo kontakt z rozpuszczalnikiem wyciekającym z rozszczelnionego zbiornika. W pierwszym przypadku wybierane przewody muszą być z założenia odporne na działające substancje chemiczne, w drugim jest to zależne od ewentualnych skutków ich uszkodzenia oraz prawdopodobieństwa wystąpienia danej awarii.

Ze względu na olbrzymią liczbę występujących w przemyśle środków chemicznych, przed każdym doбором przewodu warto skorzystać z udostępnianych przez producentów tabel odporności chemicznej. W ramach tej publikacji można jedynie podać kilka podstawowych wskazówek związanych z najczęściej poszukiwaną przez klientów odpornością. Do pracy w środowisku olejoznym (oleje smarujące) nadają się olejoodporne przewody w izolacjach na bazie PVC. Jeszcze lepszym wyborem przy zamierzonym kontakcie z chemią ropopochodną (oleje, smary, benzyny) będą przewody w izolacji z poliuretanu (PUR). Kontakt z alkoholami zwykle dobrze znoszą izolacje na bazie gumy. Do pracy w środowisku zasadowym warto szukać przewodów w izolacji z termoplastycznych elastomerów (TPE). Jeżeli istnieje

potrzeba zapewnienia odporności na jak najszerszą grupę związków chemicznych, należy zdecydować się na przewody w PTFE lub FEP.

Wysoka i niska temperatura

W większości procesów produkcyjnych znajdują się tak zwane „miejsca gorące”, gdzie występują podwyższone temperatury. Oczywiście pod tym względem gałęzie przemysłu to hutnictwo metali, ale także huty szkła. Do tej grupy zalicza się także odlewnie i produkcję na wtryskarkach ciśnieniowych. Przetwórstwo tworzyw sztucznych zazwyczaj wymaga podgrzania obrabianego materiału lub jego wulkanizacji w podwyższonej temperaturze. Podobnie jest z produkcją budowlaną – cementownie, cegielnie, produkcją dachówek, ceramika użytkowa, oraz przemysłem spożywczym – tu występują procesy gotowania, pieczenia, pasteryzacji. Wszędzie tam temperatury znacznie przekraczają 60°C, co określane jako „gorąco”.

W warunkach takich jak omawiane, m.in. także po to, aby panującą tam temperaturę zmierzyć, muszą być prowadzone przewody elektryczne. Przewód taki musi wytrzymać (bez pogorszenia swoich parametrów elektrycznych i mechanicznych) długotrwałe przebywanie w docelowej temperaturze. W tym wypadku dobór jest dość prosty – parametr ten jest zawsze podawany przy przewodach przeznaczonych dla przemysłu i wystarczy tylko porównać go z oczekiwanym. Standardową izolacją wybieraną w takich przypadkach jest silikon (do +200°C) lub izolacje na bazie teflonu (do +260 do 300°C). Co ciekawe – te same tworzywa sprawdzają się tak-

że w niskich temperaturach, odpowiednio do -50°C i -190°C. W przypadku temperatur ujemnych związanych z warunkami środowiskowymi (praca w ruchu na zewnątrz, zimą, temperatura około -30°C) wystarczą przewody w izolacjach z gumy lub PUR.

Promieniowanie UV

Czynnikiem mającym negatywny wpływ na kondycję przewodów, a jednocześnie wzbudzającym najwięcej wątpliwości wśród odbiorców przewodów jest promieniowanie UV. Dzieje się tak, gdyż negatywne skutki jego działania widoczne są dopiero po kilku latach ekspozycji. Nie zawsze można przekonać instalatora, który musi ułożyć trasę kablową na zewnątrz budynków, do zastosowania przewodów z deklarowaną odpornością na promieniowanie słoneczne. Są to produkty nieco droższe od podstawowych wykonani i zapewne ta różnica cenowa sprawia, iż na tej grupie wykonawca lub inwestor chce zaoszczędzić. I rzeczywiście – przez pierwsze lata pracy instalacji zapewne nie będzie widocznych skutków ułożenia nieodpowiednich przewodów. Niemniej jednak przez cały ten czas promieniowanie UV będzie niszczyło płaszcz przewodów, zmniejszając jego elastyczność. Wówczas wystarczą drobne drgania, lekkie uderzenie czy próba przesunięcia przewodu w korycie kablowym (np. podczas rozbudowy instalacji) i w płaszczu pojawią się mikropęknięcia. Szczeliny te otwierają drogę dla przedostawania się wody lub chemikaliów, co znacznie przyspiesza proces degradacji izolacji. Przebicie elektryczne lub zwarcie jest wówczas już tylko kwestią czasu.

Mając wiedzę, że trasa kablowa będzie prowadzona na zewnątrz pomieszczeń, warto zainwestować w odpowiednie przewody, które mają zadeklarowaną przez producenta odporność na promieniowanie UV. Jednocześnie będzie to izolacja o wyższej odporności mechanicznej, gdyż na zewnątrz pomieszczeń zagrożenie jest więcej (grad, ptaki, zapylanie). Izolacjami z założenia odpornymi na UV są poliuretan i wszelkie gumy. W przypadku PVC należy zwrócić uwa-



Rys. 7. Przewód Lapp Kabel Ölflex 540 P – odporny na uszkodzenia mechaniczne materiałów izolacyjnych, izolacja zewnętrzna z poliuretanu, żółty kolor ostrzegawczy



Rys. 8. Przewód Lapp Kabel Ölflex Petro C HFFR o bardzo szerokiej odporności na związki petrochemiczne i płuczki wiertnicze



Rys. 9. Przewód Lapp Kabel Ölflex Heat 180 SiHF o zakresie pracy od -50 do +180°C

gę, aby było w kolorze czarnym, gdyż białe lub szare PVC do instalacji zewnętrznych się nie nadaje.

Promieniowanie elektromagnetyczne

W przypadku tego zagrożenia odpowiedź jest oczywista – przewody ekrano-

wane są obecnie standardem. Można założyć, że są one używane nawet nieco „na wyrost” i układane w miejscach, gdzie przewody bez ekranu również byłyby odpowiednie. Użytkownicy jednak argumentują takie rozwiązania bardzo logicznie i „życiowo”: przy obecnej dynamice produkcji, częstych zmianach na liniach produkcyjnych i licznych modernizacjach

urządzeń nigdy nie wiadomo, czy za rok, dwa w danym miejscu poziom zakłóceń nie wzrośnie i trzeba będzie wymieniać całą instalację na przewody ekranowane. Argument ten dotyczy głównie przewodów pomiarowych i do transmisji danych. Ekranowane przewody zasilające są stosowane tylko tam, gdzie jest to niezbędne, przede wszystkim przy silnikach zasilanych z przetworników częstotliwości (falowników) lub przy serwonapędach. Metod ekranowania przewodów elektrycznych jest dużo. Jest to zagadnienie szeroko opisywane w prasie branżowej. Warto tylko podkreślić, że tylko ekran podłączony do zacisku uziemiającego będzie właściwie spełniał swoje zadanie.

Podsumowanie

Porady dotyczące właściwego doboru przewodów elektrycznych do aplikacji można mnożyć, gdyż praktycznie każdy przypadek należy rozważać indywidualnie. Istotne jest natomiast, że podchodzenie do okablowania jako mało ważnego elementu całej instalacji może być groźne w skutkach. Zazwyczaj dużo więcej czasu poświęca się na dobór kosztowych urządzeń aktywnych (sterowników, napędów, aparatury elektrycznej), traktując przewody nieco „po macoszemu”. Zapomina się o prawidłowości, że cały system jest tyle wart, ile jego najsłabszy element. Jak w każdej sprawie technicznej, dobrze jest skontaktować się ze specjalistą w tej dziedzinie, który wskaże na trasie instalacji elektrycznej miejsca o potencjalnie dużym zagrożeniu dla przewodów i zaproponuje właściwe rozwiązania.

Mariusz Pajkowski
Autor jest zastępcą dyrektora ds. technicznych w firmie Lapp Kabel

Tabela 1. Przykładowe przewody firmy Lapp Kabel do stosowania w aplikacjach, gdzie występują określone zagrożenia		
Zagrożenie	Proponowany przewód	Główne zalety
Uszkodzenia mechaniczne materiałów izolacyjnych	Ölflex Classic 100 SY	pancerz stalowy
	Ölflex 540 P	izolacja zewnętrzna z poliuretanu, żółty kolor ostrzegawczy
Uszkodzenie mechaniczne żyły	Ölflex Classic 810 P	bardzo giętke żyły klasy 6.
	Ölflex Robot 900 DP	bardzo giętke żyły klasy 6., możliwość skręcania wzdłuż własnej osi, specjalny ekran typu D
	Ölflex Crane NSHTÖU	specjalne wzmocnienia wzdłużne odcinające żyły w trakcie pracy na bębnie
Zagrożenia chemiczne	Ölflex Petro C HFFR	bardzo szeroka odporność na związki petrochemiczne i płuczki wiertnicze
	Ölflex 440 P	odporność na oleje i benzyny
Zbyt wysoka lub niska temperatura	Ölflex Heat 180 SiHF	zakres pracy od -50 do +180°C
	Ölflex Heat 350 MC	zakres pracy od -50 do +350°C
Promieniowanie UV	Ölflex Classic 110 Black 0,6/1kV	wzmocniony płaszcz z czarnego PVC, możliwość bezpośredniego zakopania w ziemi
	Ölflex 440 P	płaszcz PUR, giętki na mrozie do -40°C
Zakłócające promieniowanie elektromagnetyczne	Ölflex Classic 110 CY	podstawowy ekranowany przewód sterowniczy
	Ölflex Servo 2YSLCY	specjalistyczny przewód do zasilania silnika z falownika, dwa ekrany
	Unitronic Li2YCY PiMF	przewód do transmisji danych w trudnym środowisku, pary żył w ekranie + ekran na całości



KONTAKT

Lapp Kabel Sp. z o.o.

ul. Wrocławska 33 d
Długoleka 55-095 Mirków
tel. (71) 330 63 00
fax (71) 330 63 06
e-mail: info@lappolska.pl
www.lappolska.pl