

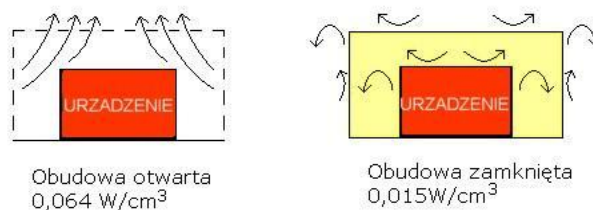
## WYBRANE, PRAKTYCZNE ZASADY MONTAŻU URZĄDZEŃ

### I WARUNKI INSTALACJI

O uzyskanym, końcowym efekcie działania urządzeń i ich niezawodności, decyduje ich jakość, ale też sposób instalacji. Producent, wprowadzając dodatkowe zabezpieczenia (pobocznie wyższy koszt urządzeń, ryzyko awarii samych zabezpieczeń) może w pewnym stopniu ograniczać skutki błędów instalacji ale nie wyeliminuje podstawowych wymagań. Nie bez znaczenia pozostanie miejsce montażu skrzynki, rozmieszczenie w niej urządzeń, zapewnienie wentylacji, sposobu prowadzenia przewodów itp. Wybierając miejsce montażu trzeba uwzględniać zmienność warunków występujących przez cały rok, takich jak nasłonecznienie, okresowo włączane źródła ciepła, możliwość zalania, łatwego uszkodzenia mechanicznego i innych np. możliwość wchodzenia małych gryzoni.

#### 1. Temperatura pracy

Producenci urządzeń, określają zakres dopuszczalnych temperatur przechowywania i pracy urządzeń. O ile w ogóle dopuszczalna jest praca urządzenia w temperaturach ujemnych, np. -10 °C, to w naszym klimacie, praktyczne problemy będą raczej dotyczyły możliwości przekroczenia temperatury maksymalnej i kondensacji pary wodnej (skraplanie wilgoci) w czasie znacznego obniżania się temperatury. Typowy błąd, to montowanie urządzeń w zbyt małych skrzynkach instalacyjnych, pozbawionych otworów wentylacyjnych.

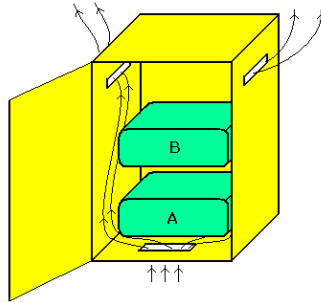


Rys. Porównanie intensywności odprowadzenia (przez unoszenie) wydzielanej mocy, dla obudowy otwartej i zamkniętej

Jak wynika z rysunku, umieszczenie urządzenia w zamkniętej obudowie, może pogorszyć jego chłodzenie nawet czterokrotnie. Gęstość dopuszczalnej, wydzielanej mocy, określono tu dla unoszenia swobodnego (bez wymuszenia, bez uwzględnienia promieniowania przez obudowę) i różnicy temperatur źródło – otoczenie 40°C.

Wniosek - należy dążyć do stosowania możliwie dużych skrzynek (o wielu cm³ w podanym parametrze), z dużymi otworami wentylacyjnymi.

Przy samym umieszczaniu urządzeń w skrzynce, w miarę możliwości, należy uwzględnić znane zjawisko unoszenia się ciepłego powietrza ku górze. Urządzenia wydzielające więcej ciepła, a tym samym bardziej wrażliwe na przegrzanie, korzystniej jest montować nisko. Dodatkowy efekt dobrego rozmieszczenia, to bardziej uporządkowany, laminarny przepływ powietrza w skrzynce - od wlotu do ujścia. Montując urządzenia, układając przewody, pamiętajmy, aby nie przysłaniać otworów wentylacyjnych w ich obudowach.

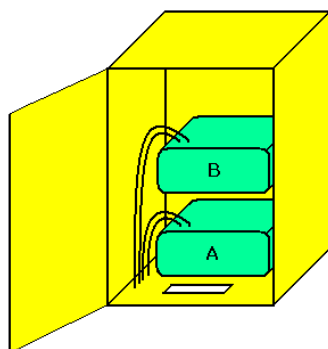


rys. Montaż zależny od temperatury pracy urządzeń A- bardziej wrażliwe, B- mniej wrażliwe

Niestety, jak to bywa w praktyce, zasady często kolidują ze sobą. Np. ze względów termicznych, duże zasilacze powinny być montowane na dole. Ale tu, często korzystnie jest montować inne urządzenia, o dużej ilości przewodów wyprowadzanych na zewnątrz

## 2. Woda , wilgoć , kondensacja pary wodnej

Woda i wilgoć , to szczególne zagrożenia dla współczesnych, precyzyjnych urządzeń elektronicznych. Obecnie stosowane, bardzo cienkie ścieżki oraz przepusty przewodzące płytek obwodów drukowanych, pod wpływem wody i różnicy potencjałów ( napięcia ) szybko ulegają elektrochemicznemu rozpuszczaniu ( korzystne stosowanie lakierów zabezpieczających ). Uszkodzenia z reguły są nieodwracalne, ze względu ilość drobnych ścieżek i przepustów, ich niedostępność pod układami scalonymi. Nierzadko, nawet pozornie naprawione urządzenie, ze względu na zaistniałe przewężenia ulega ponownym awariom. Tylko w wyjątkowych sytuacjach można założyć odporność urządzenia na wodę. Stopnie ochrony zapewniane przez obudowę, określone kodem IP, często traktowane są zbyt optymistycznie. Np. dla bardzo dobrych obudów skrzynkowych, stopień **IP-65** ( 6- stopień odporności na ciała obce – pył , a 5- stopień odporności na wnikanie wody ) oznacza tylko tyle, że fabrycznie nowa obudowa wytrzymała badanie polewania wodą wypływającą z dyszy 6,3 mm, przez czas 1min na m<sup>2</sup> . Minimalny czas trwania całej próby 3 min. Tak więc, praktycznie, zamiast zakładać wodoodporność, lepiej przeanalizować faktyczne zagrożenia i słabsze miejsca skrzynki takie jak: uszczelki, wykonane otwory, skutki możliwego niedomknięcia ( dodatkowe osłony ), sposób wprowadzania przewodów, odprowadzenie skroplonej pary wodnej itp. Inne stopnie ochrony: IPx0- brak ochrony, 1- ochrona przed wodą kapiącą , 2- kapiącą pod małym kątem , 3- natryskiwanej do 60° , 4 – rozbryzgiwanej. Dopiero IPx7- to krótkotrwałe zanurzenie. Z praktyki serwisowej wynika, że zdarzają się przypadki ściekania wody do urządzeń, po źle poprowadzonych przewodach. Przewody powinny być wprowadzane od dołu skrzynki !

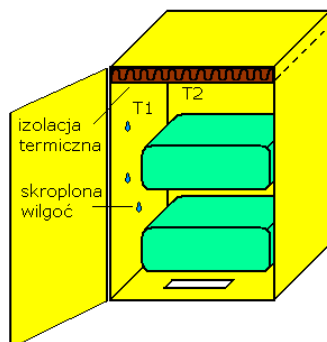


rys. Prawidłowe wprowadzanie przewodów – od dołu

W sytuacji koniecznego bocznego wprowadzenia przewodu, należy poniżej miejsca wprowadzenia ( przepustu ) wykonać na nim pętelkę.

UWAGA Naruszając zewnętrzną osłonę kabla wielożyłowego, stwarzamy ryzyko wciekania wody pomiędzy żyłami wewnątrz kabla. Jeśli jest taka konieczność np. odcięcia i wymiany czujnika, kabel odcinajmy w bezpiecznym, czasami oddalonym miejscu, przywróćmy zewnętrzną powłokę kabla.

W instrukcji większości urządzeń, szczególnie tych z otworami wentylacyjnymi, znajdziemy zastrzeżenie instalacyjne o niedopuszczalności kondensacji pary wodnej. Łatwiej napisać, niż to zapewnić. W zadanej temperaturze, w powietrzu może występować tylko maksymalnie określona ilość pary wodnej ( para nasycona ). Po obniżeniu temperatury, maksymalna ilość możliwej pary ulega obniżeniu i dochodzi do wykroplenia wody. Jeśli ściany obudowy czy domu mają różną temperaturę, do skraplania szybciej dochodzi w miejscach o niższej temperaturze. W budownictwie, moment przejście pary w wodę, nazywa się punktem rosy. Wniosek – jeśli skrzynka montowana będzie w miejscach okresowo wilgotnych, zewnętrznych, garażach itp. , warto zadbać, aby górna ścianka była cieplejsza niż pozostałe.



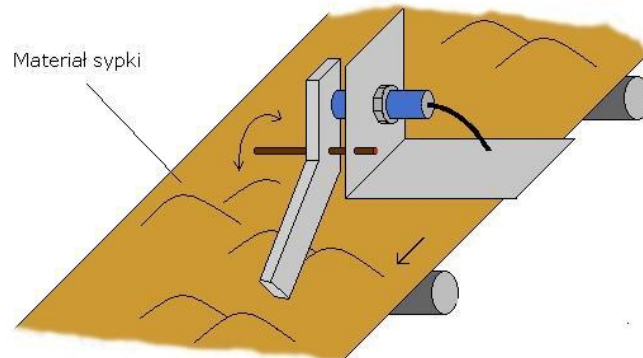
rys. Podstawowa ochrona przed skutkami kondensacji pary wodnej T1,T2

W czasie spadku temperatury zewnętrznej ( typowe warunki kondensacji ), na nie ocieplonej , czyli schłodzonej bocznej ściance, szybciej dojdzie do wykroplenia, niż nad urządzeniami. Oczywiście można stosować dodatkowe zabezpieczenia np. wewnętrzne daszki , podwójne skrzynki, grzałki z termostatem, ale nie ma co liczyć na ” hermetyczność ” skrzynki .

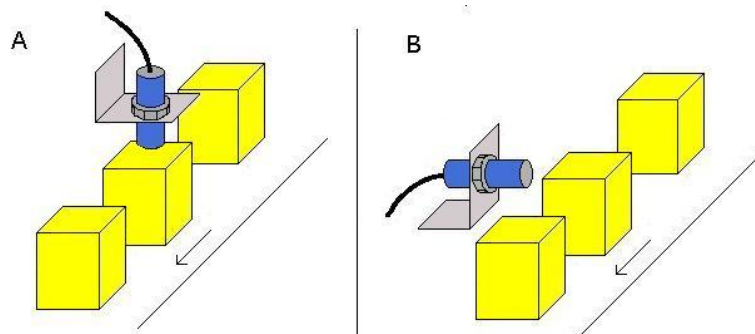
### 3. Ciała obce, pyły

Odporność na wnikanie ciał stałych określona jest pierwszą cyfrą kodu IP .

Jest ją łatwo ocenić, bo typowo determinuje ją wielkość otworów wentylacyjnych w obudowie. IP2x to odporność na wniknięcie przedmiotów o średnicy  $\geq 12,5\text{mm}$ , np. włożenie palca. IP3x to zabezpieczenie chroniące przez przedmiotem o średnicy  $\geq 2,5\text{mm}$ . Ale o pyłoszczelności można mówić dopiero dla IP6x. Jakie zagrożenia dla urządzeń, wynikają z działania ciał obcych. Mogą to być zniszczenia mechaniczne spowodowane szkodnikami, elektrochemiczne skutki padłych gryzoni, pogorszenie warunków wentylacji przez osadzone pyły, przysłonięte otwory wentylacyjne, zmatowienie czujników optycznych. Przy wyższych napięciach groźne może być tworzenie się miejsc o zmniejszonej rezystancji, przez osadzone i zawilgocone pyły. Przeciwdziałanie to dobór miejsc instalacji, odpowiednich skrzynek instalacyjnych i osłon, stosowanie odpowiednich czujników.



rys. Wykrywanie pyłącego materiału na transporterze indukcyjnym czujnikiem zbliżeniowym z dzwienką, zamiast czujnikiem optycznym



rys. Montaż odbiciowego czujnika optycznego przy zapyleniu A- lepszy B- gorszy

#### 4. Wibracje udary

Jeśli nie jest to konieczne, montowanie urządzeń elektronicznych w miejscach występujących drgań, czy uderzeń, należy uznać za błąd. Wskutek drgań, w urządzeniach może dochodzić do poluzowania zacisków śrubowych a tym samym pogorszenia jakości styku, odkręcania mocowań radiatorów, urywania się wyprowadzeń elementów o większej masie ( kondensatory elektrolityczne, cewki indukcyjne ). Producent, w pewnym stopniu, może zabezpieczać urządzenia przez przyklejanie elementów, stosowanie sprężystych podkładek, czy lakierów zapobiegających luzowaniu się połączeń gwintowanych. Ale to jest koszt i czas, które wszyscy chcą ograniczać.

Metody badań odporności urządzeń na wibracje wyznaczają normy. Jednak opis, że urządzenie było sprawdzane na oddziaływanie wibracji o częstotliwości 10-25Hz z przyspieszeniem 2G w czasie 30 min, dla przeciętnego instalatora może mieć jedynie wartość porównawczą. Samo zbadanie charakteru występujących wibracji jest trudne. Lepiej szukać miejsc bez wibracji, w ostateczności stosować np. gumowe elementy mocowania skrzynek.

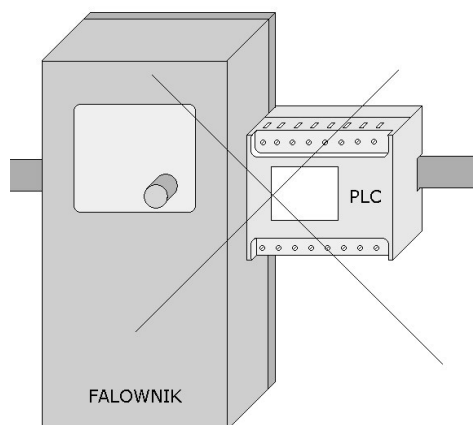
## 5. Wpływ pól elektromagnetycznych

W praktyce, instalatorowi trudno jest precyzyjnie określić warunki elektromagnetyczne, w jakich będzie pracować urządzenie. Można zakładać, że urządzenie oznaczone symbolem CE, z deklarowaną zgodnością z podstawowymi wymaganiami, było badane pod względem wytwarzanych zaburzeń elektromagnetycznych, jak i pod kątem odporności na działanie zakłóceń wytwarzanych przez inne urządzenia. Ale deklaracje związane są z konkretnymi normami, a tym samym warunkach używania. Czym innym będzie tzw. przemysł lekki (warunki spełniane przez większość urządzeń) a czym innym energetyka. Jednak są uniwersalne zasady (II pkt.1), których należy przestrzegać, aby nie mieć kłopotów.

## II ELIMINACJA ZAKŁÓCEŃ ( generowanych i wpływających )

### 1. Miejsce montażu urządzeń, prowadzenie instalacji

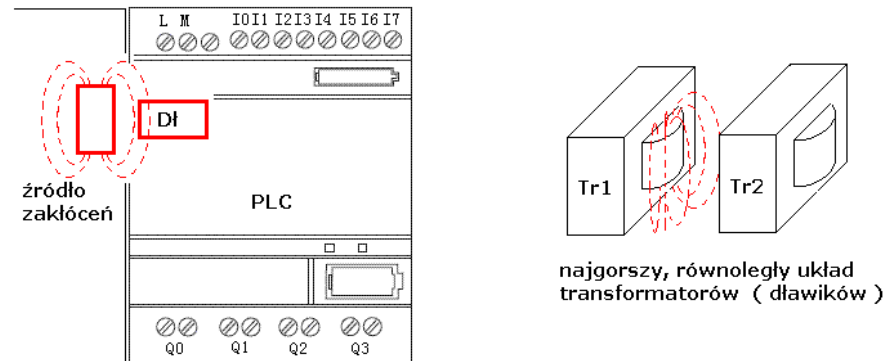
Podstawową zasadą skutecznej walki z zakłóceniami, jest ich eliminacja w miejscu powstawania. Niestety, w praktyce nie zawsze mamy taką możliwość. Ale wykonując instalację, warto zwrócić uwagę na typowe urządzenia wytwarzające zakłócenia, takie jak: falowniki, duże silniki, duże elementy indukcyjne typu styczniki, elektrozawory, elementy grzejne znacznej mocy. Niskonapięciowe urządzenia elektroniczne należy montować możliwie daleko od źródeł dużych zakłóceń.



rys. Wadliwe zamontowanie wrażliwego urządzenia obok falownika

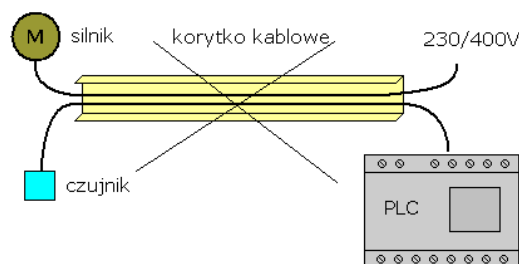
Każdy centymetr zwiększonej odległości źródła zakłóceń od wrażliwego urządzenia ma sens, ponieważ natężenie pola elektromagnetycznego zmniejsza się z kwadratem odległości.

Warto pamiętać , że typowo, dławiki przeciwzakłóceniami czy transformatory wewnętrznego zasilacza montowane są blisko zacisków zasilających np. po lewej stronie sterownika. Najgorszy przypadek to zamontowanie transformatorów albo dławików równoległe i blisko siebie – rys poniżej



rys. Niekorzystne oddziaływanie pól elektromagnetycznych zewnętrznego dużego transformatora ( dławika, stycznik ) na wbudowany dławik przeciwzakłócenia PLC .

Niestety, nie rzadkim przypadkiem jest wadliwe układanie przewodów sygnałowych ( niskonapięciowych ) równoległe z energetycznymi. Ta praktyka, prawdopodobnie spowodowana jest łatwością ułożenia wszystkich przewodów w jednym korytku kablowym . Jednak w ten sposób, narażamy układ sterowania na przenikanie zakłóceń o stałym charakterze, albo związanych tylko z załączaniem odbiorników. Skutki chwilowo występujących zakłóceń, mogą nie być właściwie kojarzone z przyczyną i prowadzić do fałszywych wniosków.



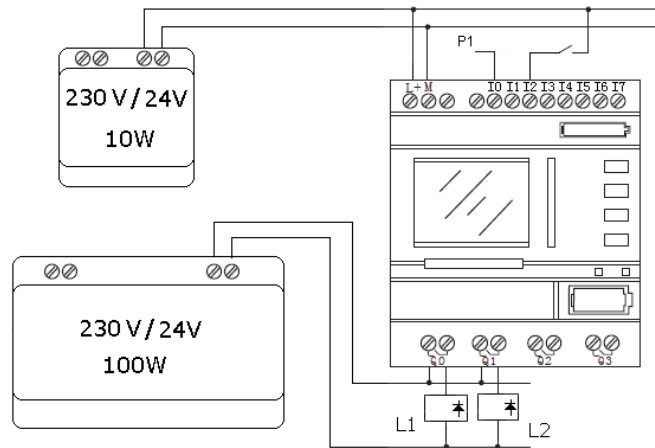
rys. Wadliwe ułożenie przewodów sygnałowych wzdłuż energetycznych

## 2. Ograniczenie wpływu występujących zakłóceń

Warto unikać zasilania z tego samego źródła ( np. jednego zasilacza ), urządzeń wrażliwych elektronicznych i odbiorników znacznej mocy.

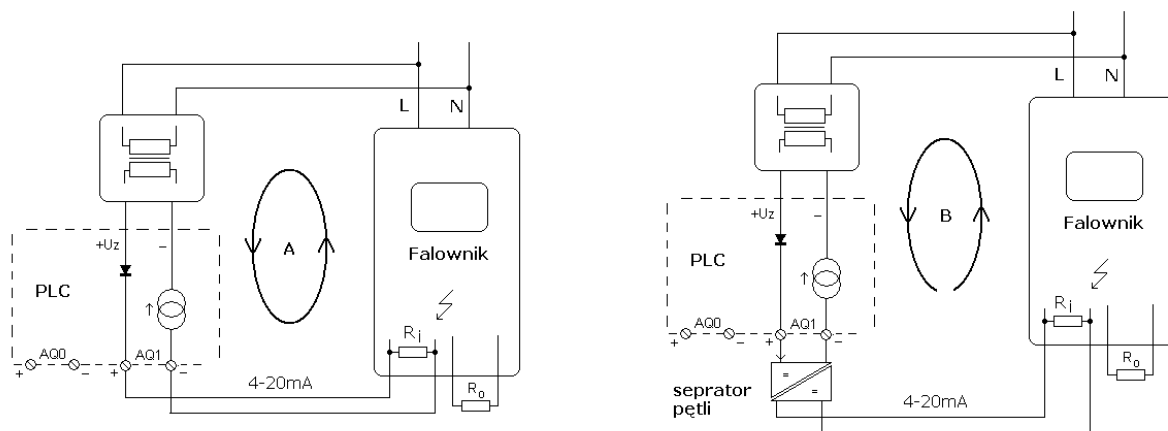
Jeśli jest to możliwe, , należy oddalać miejsca podłączenia zasilania urządzeń silnie zakłócających i wrażliwych na zakłócenia, np. wykorzystywać inną fazę.

Stosowanie urządzeń z oznaczeniem CE, to nie tylko kwestia bezpieczeństwa ( dyrektywa LVD ) ale też kontrola odporności i wytwarzania zakłóceń ( dyrektywa EMC ).



rys . Korzystne oddzielenie zasilania odbiorników dużej mocy, indukcyjności od zasilania obwodów sygnałowych

**Zastosowanie separatorów pętli.** Przy długich liniach, narażonych na zakłócenia albo łączeniu urządzeń mocy działających impulsowo, niekiedy konieczne jest zastosowanie izolacji galwanicznej. Dla sygnałów cyfrowych sprawa jest prosta, przy analogowych dochodzi potrzeba przetwarzania wartości analogowych tj próbkowanie sygnału wejściowego i odtworzenie analogowego po izolowanej stronie wyjściowej . Niekiedy, konieczność stosowania separatorów wynika z konfliktu mas.

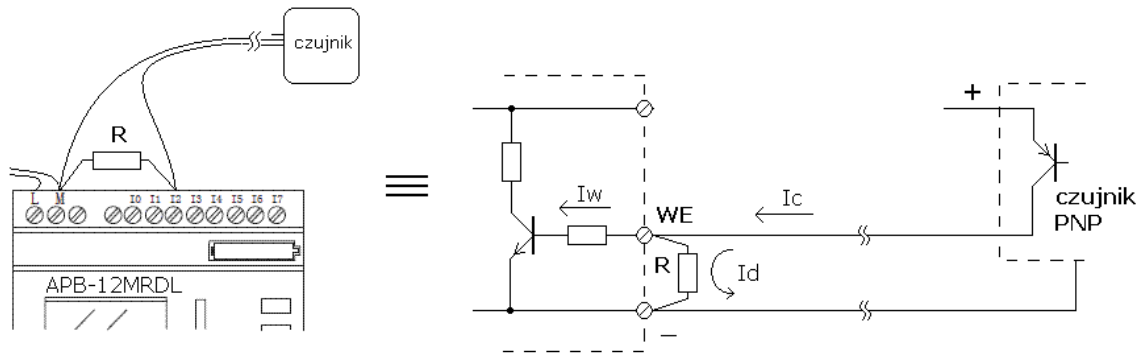


rys. Pasożytniczy obwód zakłóceń utrzymujący się przy braku separatora ( A ) i jego przerwanie przez separator analogowy 4-20mA / 4-20mA ( B).

Źródłem silnych zakłóceń jest falownik. Ale przez wspólne zasilanie, obwody wejścia i wyjścia tworzy się pętla zakłóceń wpływających na pracę urządzeń.

Szczególnie długie linie narażone są na wpływy zakłóceń.

Ogromne znaczenie ma sam rodzaj sygnałów. Przesyłanie sygnałów analogowych w standardzie 4-20mA ( 0-20mA ) będzie lepsze niż 0-10V. Od cyfrowego TTL ( 0-5V ) lepszy jest RS-232 ( +/- 5 do 15 V z obciążeniem 3-7kΩ ) a od niego RS-485 ( różnica +/- między A i B ale z mocno obciążoną linią, nawet do 60Ω ). Największe odległości pozwoli uzyskać pętla prądowa z izolacją optyczną ( TTY ).



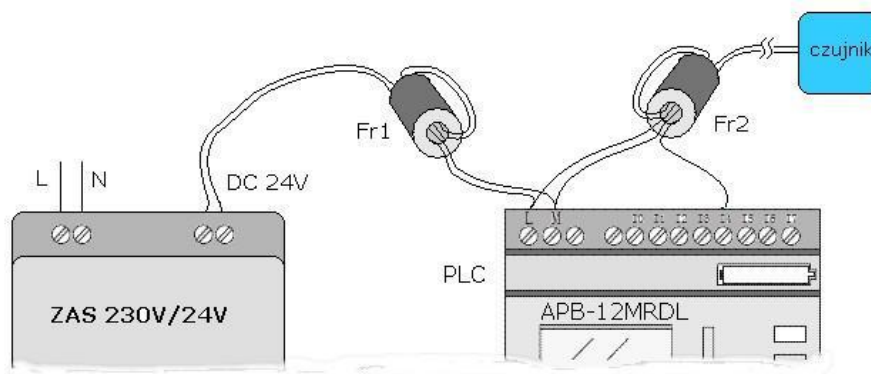
Rys. Obciążenie linii z czujnikiem PNP dodatkowym rezystorem R . Połączenie fizyczne i równoważny schemat ideowy

Na rysunku wskazano na możliwość dołączenia rezystora R w celu zmniejszenia rezystancji wejściowej urządzenia np. sterownika. Im mocniej obciążona jest linia, tym mniejszy jest wpływ indukowanych, słabych energetycznie zakłóceń. Sterowanie prądowe jest bardziej odporne na zakłócenia , niż napięciowe.

Np. dla sterownika APB, o rezystancji wejściowej ok. 47 k $\Omega$ , z dołączonym indukcyjnym czujnikiem i zasilaniu 24V, maksymalny prąd linii wyniesie ok. 3mA. Dopuszczalny prąd czujników to 200mA . Przy R=1k $\Omega$  prąd czujnika i linii wzrośnie do ok. 24mA.

Jak widać, dodatkowy prąd Id zwiększa jedynie prąd Ic płynący przez czujnik w stanie włączenia. Dla czujników NPN i dostosowanych wejść liczników, czy sterowników, dodatkowy rezystor należy łączyć pomiędzy wejściem licznikowym i + zasilania

Nawet starannie , uwzględniające powyższe zalecenia, zainstalowane urządzenia będą narażone na zakłócenia elektryczne i elektromagnetyczne. Niestety, wraz z ilością urządzeń pracujących impulsowo ( zasilacze impulsowe , falowniki, regulatory fazowe ) rośnie ilość zakłóceń szpilkowych. Stosowanie koralików ferrytowych, jako filtrów dolnoprzepustowych, jest bardzo łatwe, skuteczne i tanie.

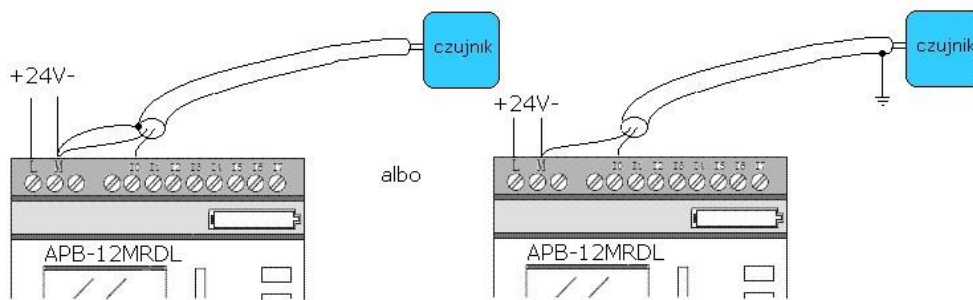


rys. Eliminacja zakłóceń szpilkowych koralikami ferrytowymi

W walce z zakłóceniami powszechnie znaną metodą jest ekranowanie.

Przy wykorzystywaniu przewodów ekranowanych ( z opłotem ) zaleca się uziemianie ekranu jednostronnie. Przy uziemianiu dwustronnym istnieje ryzyko wyrównywania różnych potencjałów oddalonych punktów, tworzenia się pętli dla zakłóceń.





rys. Poprawne, jednostronne podłączenie oplotu przewodów ekranowanych

Przewód ekranowany ma istotną wadę - znaczącą pojemność pasożytniczą między żyłami a oplotem. Dla napięciowych sygnałów cyfrowych oznacza to efekt całkowania czyli wolniejszego narastania i opadania zboczy.

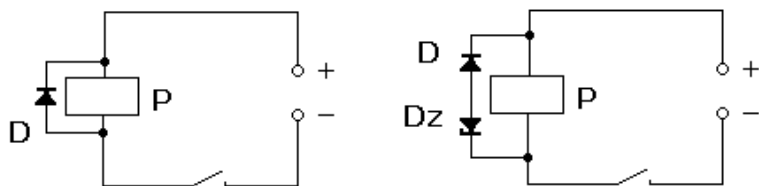


rys. Zniekształcenia przebiegu prostokątnego spowodowane pasożytniczymi pojemnościami

W sieciach cyfrowych stosowane są tzw. skrętki czyli pary żył odpowiednio skręconych. Większa odporność na zakłócenia skrętki wynika z faktu częściowego znoszenia się zakłóceń indukowanych po zamianie żył miejscami.

### 3. Redukcja generowanych zakłóceń w miejscu ich powstawania.

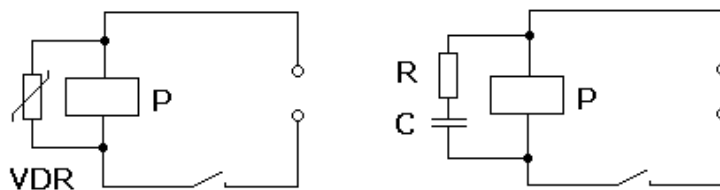
Zgodnie z podaną już zasadą, zakłócenia należy eliminować w miejscu ich powstawania. Na rysunku w pkt 1, symbolicznie przypomniano o potrzebie stosowania diod tłumiących przepięcia w odbiornikach indukcyjnych o znacznym prądzie pracy. O ile elementy przepięciowe nie zostały fabrycznie wbudowane w elektrozawory, stycznikach itp. powinny być montowane bezpośrednio przy nich. W czasie odłączania elementu indukcyjnego, wytworzone pole magnetyczne przeciwdziała zmianom ( reguła Lenza ). W efekcie dochodzi do wygenerowania siły elektromotorycznej ( napięcia ) przewyższającego napięcie zasilania, czyli przepięcia. Czasami jest to zjawisko korzystne ( silnikowe układy zapłonowe ) ale częściej prowadzi do **uszkodzeń półprzewodników, wypalania styków, zakłóceń pracy instalacji**. W obwodach prądu stałego ( groźniejszego dla styków ), **przepięcia i zakłócenia** prosto i skutecznie eliminuje się diodami, albo zestawem diod, transilami



Rys. Tłumienie przepięć elementu indukcyjnego diodą albo zestawem dioda z diodą Zenera

Po rozłączeniu obwodu, wytwarzane w elemencie indukcyjnym napięcie ma polaryzację odwrotną, niż w czasie zasilania ze źródła. Dzięki temu, włączona dioda ( jak na rysunku ) nie bierze udziału w czasie zasilania ale zwiera obwód dla polaryzacji odwrotnej . Efektem ubocznym , będzie wydłużone zwalnianie odpadającej kotwicy przekaźnika, wydłużone przełączenie zwalnianego elektrozaworu o około 6 do 9 krotnie ( mały przekaźnik w normalnych warunkach zwalnia w czasie ok. 10mS ). Skrócenie czasu zwolnienia do 2- 6 krotnego, można uzyskać przesuwając napięciowy próg działania diodą Zenera .

Do walki z przepięciami wykorzystywane są też warystory , układy RC ( gasiki ), ochronniki gazowe .



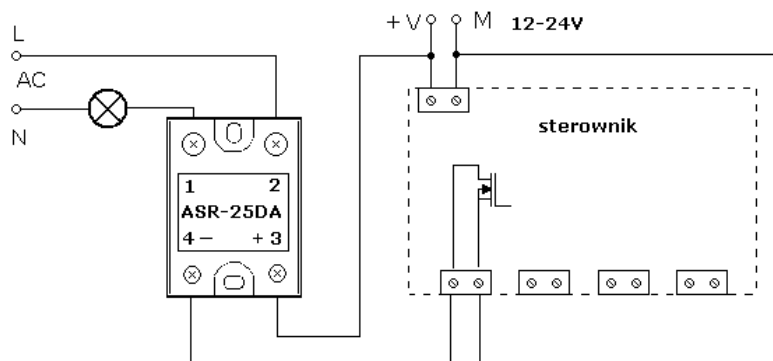
Rys. Wykorzystanie warystora albo układu RC do tłumienia przepięć

Warystory są elementami zmniejszającymi rezystancję pod wpływem przyłożonego napięcia ( ponad określoną wartość napięcia pracy ). Nadaje się do tłumienia przepięć w obwodach prądu zmiennego i stałego, wprowadza małe ( pojedyncze mS ) opóźnienie zwalniania.

Warystor **nie eliminuje zakłóceń poniżej napięcia znamionowego**. Wymagany jest wybór warystora pod względem napięcia pracy i dopuszczalnej przejętej energii. Przekroczenie dopuszczalnej energii powoduje zniszczenie warystora.

Dla układów gasikowych RC, należy dobrać stałą czasową, czyli wartość rezystancji i pojemności, oraz oszacować wydzielane moce. Układy RC mogą być stosowane dla prądów stałych i zmiennych, powodują małe ( rzędu 1mS ) opóźnienia, ale również przy załączaniu.

W obwodach prądu zmiennego, ograniczenie zakłóceń od odbiorników, można uzyskać stosując półprzewodnikowe przekaźniki „włączane w zerze” . Zamknięcie obwodu w chwili, gdy napięcie ma wartość bliską 0V, powoduje łagodne narastanie prądu obciążenia wraz z sinusoidalnym narastaniem napięcia. Ze względu na właściwości tyrystorów czy triaków, również wyłączenie możliwe jest jedynie w momencie bliskim 0V na elemencie łączeniowym. Zyskujemy trwałość łączeniową i eliminację zakłóceń. Wadą przekaźników półprzewodnikowych jest brak skutecznych metod ochrony ich przez skutkami zwarć obciążenia .



Rys. Przekaznik prądu zmiennego sterowany napięciem załączanym wyjściem sterownika

## II Połączenie elektryczne

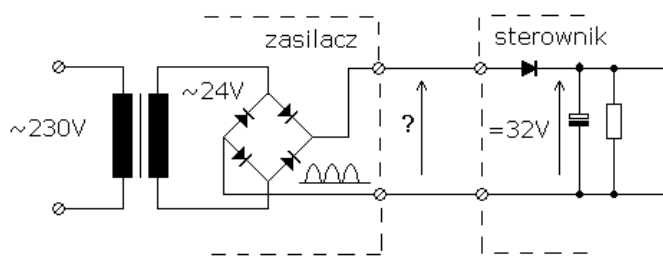
### 1. Bezpieczeństwo użytkowników

To najważniejsze zagadnienie, ze względu na pomocniczy charakter materiału, jaki ilość dostępnych publikacji, nie będzie tu opisywane. Ale jest nie do pominięcia.

### 2. Bezpieczeństwo urządzeń

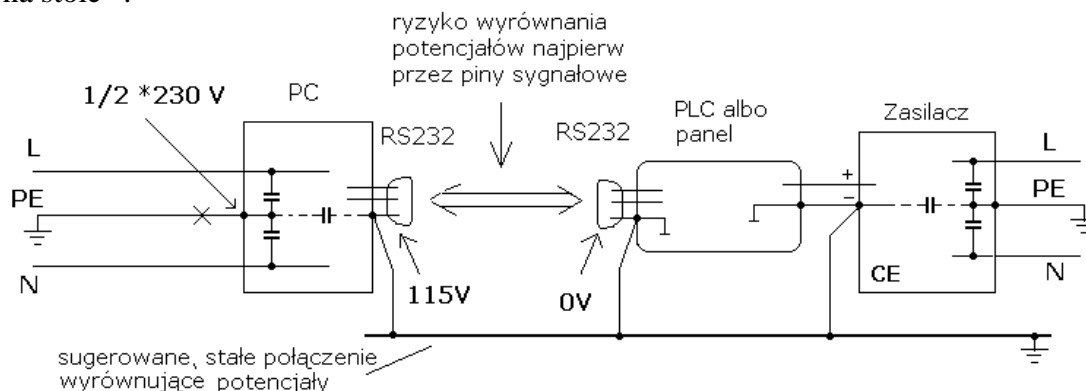
Zasilacze - niby sprawa oczywista ale i tu można zrobić coś lepiej albo gorzej. Mając do czynienia z urządzeniami elektronicznymi z wyjściami np. sterownik, warto stosować zasilacze z ograniczeniem prądowym poniżej wytrzymałości wyjść. Np. w sterownikach serii AF czy APB, tranzystory wyjściowe mogą przełączać prądy do 2A ( obciążenie rezystancyjne ) ale wytrzymają chwilowy prąd 16A. Jeśli zastosujemy zasilacz poniżej 24V/50W, prąd ewentualnego zwarcia obciążeniu 2A nie zniszczy wyjścia .

Szczególną ostrożność należy zachować przy stosowaniu zasilaczy niestabilizowanych.



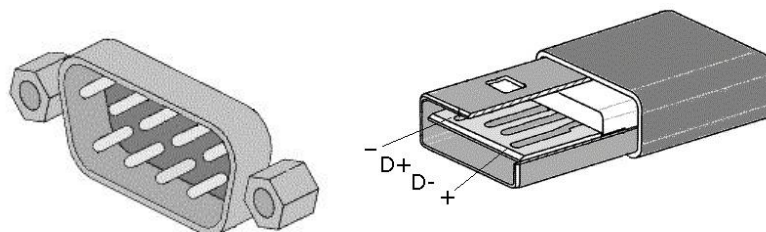
rys Przykład występujących napięć przy zasilaniu urządzeń napięciem jedynie wyprostowanym ( bez kondensatora ) Pomiar woltomierzem w miejscu ?, jest niewiarygodny Pomijając kwestie ryzyka niekontrolowanego wzrostu napięcia zasilacza niestabilizowanego, próba pomiaru woltomierzem napięcia stałego w miejscu opisanym znakiem „ ? ” , nie ma sensu. Woltomierze reagują na wartość średnią a wyskalowane są w wartościach skutecznych. Korzystając z tzw. współczynnika kształtu możemy oszacować  $V_{pp} = \sqrt{2} \times V_{rms}$  ( trafo )

Konieczność przestrzegania wymagań opisanych w instrukcji jest oczywista. Są jednak **wymagania, których producenci nie podają, uznając je za oczywiste** i o tych zapomina się. Bardzo duże zagrożenie dla urządzeń wynika z łączenia ich , bez wcześniejszego wyrównania potencjałów mas. Co charakterystyczne, najczęściej dzieje się to w czasie prób „ na stole ”.



Rys. Ryzyko uszkodzenia wejść sygnałowych przy różnicy potencjałów mas urządzeń

Większość zasilaczy wyposażonych jest w , pokazane na rysunku, pojemnościowe filtry . Przy braku połączenia PE ( brak kołka ochronnego, zasilacz w II klasie izolacji ) na masie występuje potencjał ok. 115V, w stosunku do ziemi. Jest ono bezpieczne dla człowieka ( jedynie powoduje odczuwalne mrowienie ) ze względu na małą wydajność prądową, ale jest groźne dla urządzeń. Jeśli stosujemy typowe dla RS-232 złącze DB-9, nigdy nie ma pewności, który pin połączy się jako pierwszy (są równej długości).



Rys . Widok złącza DB9 ( typowe dla RS-232) i złącza USB

Przy DB9 ( RS-232 ) istnieje więc ryzyko, że jeśli nie zadbamy o wcześniejsze wyrównanie potencjałów mas urządzeń, pierwsze połączenie nastąpi pinem sygnałowym. Czyli na wejściu np. Rx Tx może pojawić się niszczące 115V w stosunku do masy ( GND ). Warto zwrócić uwagę, że jednobiegunowe odłączenie zasilania ( N , +24 ) nie eliminuje zagrożenia. Zjawisko uszkodzania portów lepiej było znane użytkownikom starszych PC, niż obecnych laptopów z USB. Jak widać na rysunku, piny - ( GND ) i + ( 5V ) , są dłuższe niż sygnałowe D+ , D- Dlatego wtyczka USB zapewni w pierwszej kolejności wyrównanie potencjałów, później połączenia sygnałowe. Oczywiście, ochronę portów zapewniają również moduły z izolacją optyczną np. konwertery USB / RS232 .

[www.telmatik.pl](http://www.telmatik.pl)