

## Układy separacji galwanicznej sygnałów

### Separacja galwaniczna

Współczesne systemy automatyki mają rozproszony charakter. Jest to rozdzielanie funkcji na wiele oddalonych urządzeń komunikujących się pomiędzy sobą. Wykorzystują do tego celu sygnały analogowe i cyfrowe.

Urządzenia są często umieszczone w znacznej odległości między sobą. Urządzenia i przewody (kable) łączące je narażone są na zakłócenia radioelektryczne o różnorodnym charakterze. Same mogą być także źródłem zakłóceń. Zajmuje się tymi zagadnieniami obszernie kompatybilność elektromagnetyczna.

Jednym ze sposobów tłumienia przenikania zakłóceń jest separacja galwaniczna.

**Separacja galwaniczna (izolacja galwaniczna, oddzielenie galwaniczne, oddzielenie potencjału)** obwodów, oznacza taką separację elektryczną określonych części układów, która uniemożliwia przepływ pomiędzy nimi prądu stałego i pozwala na transmisję sygnału użytecznego, z jednoczesnym silnym ograniczeniem sygnałów zakłócających.

Klasycznym przykładem oddzielenia galwanicznego jest transformator, którego obwód pierwotny i wtórny nie mają połączenia galwanicznego, choć mają jednocześnie możliwość transmisji sygnału zmiennoprądowego. Potencjały obu uzwojeń mogą być różne, lecz nie ma to znaczenia dla przesyłanej informacji (energii).

### Zakłócenia

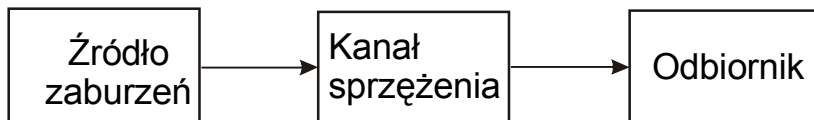
**Sygnał niepożądany (zaburzenia)** to każdy sygnał elektryczny występujący w układzie inny niż sygnał użyteczny.

**Zakłóceniami** można nazwać szkodliwy efekt sygnałów niepożądanych. Gdy napięcie sygnału niepożądanego powoduje złą pracę układu to stanowi to zakłócenie. Zazwyczaj zaburzeń nie można wyeliminować, ale można je obniżyć do poziomu nie powodującego zakłócenia działania układu.

**Podatność na zakłócenia** jest zdolnością reakcji przyrządu lub układu na niepożądaną energię elektryczną. O stopniu podatności układu lub przyrządu stanowią zakłócenia środowiska, w którym urządzenie może pracować zadowalająco. Przeciwnością pojęciową podatności jest odporność na zakłócenia.

Schemat typowego toru przenoszenia zaburzeń (Rys. 1) składającego się z:

- źródło zaburzeń,
- obwód odbiornika podatny na zakłócenia,
- oraz kanał sprzężenia do przenoszenia zaburzeń.



Rys. 1. Typowy tor przenoszenia zaburzeń.

Podstawowe sposoby eliminacji wpływu zaburzeń na pracę urządzeń:

- ograniczenie emisji przez źródło zaburzeń (nie zawsze możliwe - np. telefonia komórkowa),
- wykonanie odbiornika niewrażliwego na zakłócenia (transmisja sygnałami prądowymi, stosowanie odbiorników i sygnałów różnicowych, duże tłumienie sygnału współbieżnego),
- ograniczanie przenoszenia zakłóceń przez kanał sprzężenia (separacja galwaniczna, filtracja, ekranowanie).

Najlepsze efekty przynosi stosowanie łącznie wszystkich powyższych sposobów.

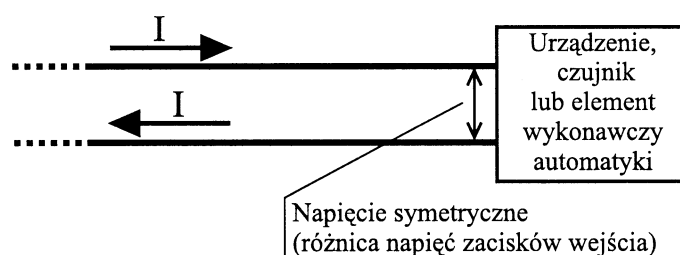
### Typy zaburzeń

Napięcia zaburzeń można podzielić na napięcia zaburzeń symetrycznych i asymetrycznych.

#### Zaburzenia symetryczne.

Różnica napięć pomiędzy przewodami jest normalnym, roboczym sposobem przesyłania sygnałów elektrycznych. napięcie zakłóceń dodające się szeregowo do napięcia roboczego nazywane są **zaburzeniami symetrycznymi (szeregowymi, normalnymi lub różnicowymi)**.

Prąd sygnału symetrycznego w dwuprzewodowym połączeniu płynie jednym przewodem i powraca drugim (Rys. 2).



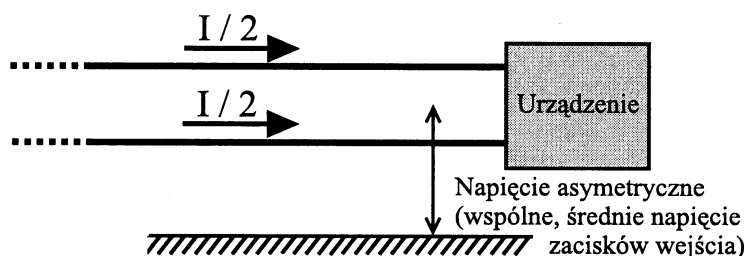
Rys. 2. Sygnały symetryczne (różnicowe).

Napięcia zakłóceń symetrycznych są zazwyczaj małe w urządzeniach poprawnie skonstruowanych i z właściwym prowadzeniem przewodów łączących.

Są one wynikiem sprzężeń indukcyjnych lub przez pole elektryczne. Napięcie to jest wielkością okresową lub impulsową. Znaczący wpływ mogą mieć tylko napięcia o dostatecznie dużej amplitudzie, wywołujące zauważalne sprzężenia z obwodem pomiarowym. W układach automatyki dotyczy to przeważnie napięć o częstotliwościach 50Hz lub 100Hz. Ponieważ częstotliwość zmian większości parametrów procesów (np. poziomu, temperatury) jest mniejsza od 10Hz, można skutecznie eliminować je za pomocą filtrów dolnoprzepustowych bez ujemnego wpływu na proces pomiaru.

#### Zaburzenia asymetryczne.

Napięcie zaburzeń asymetrycznych występuje pomiędzy parą (lub więcej) przewodów doprowadzającymi sygnał a masą (uziemieniem). Prąd sygnału asymetrycznego płynie wszystkimi przewodami w tym samym kierunku, a powraca masą (Rys. 3). **Zaburzenia asymetrycznym** nazywane są też **równoległymi, wzdlużnymi lub wspólnymi**.



Rys. 3. Sygnały asymetryczne (wspólne).

Praktycznie żaden sygnał nie jest przesyłany przewodami sygnałowymi asymetrycznie. Napięcie asymetryczne powinno być mierzone jako średnie napięcie wszystkich przewodów do potencjału masy.

Otoczenie układów elektronicznych w urządzeniach mogą być przewodzące lub izolacyjne.

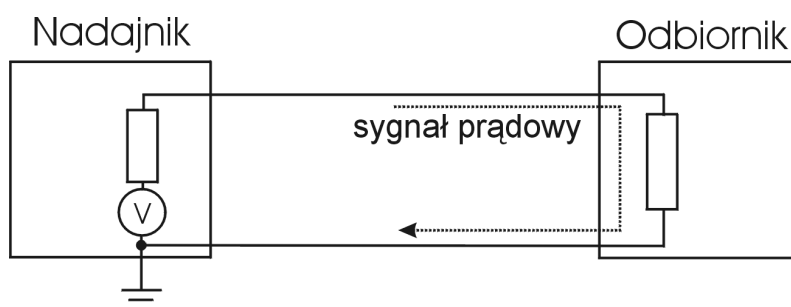
W otoczeniu przewodzącym zazwyczaj znajduje się blacha, lub metalowa obudowa, które pełnią funkcję masy. Masa jednocześnie służy jako potencjał odniesienia jak i zwarcie dla zakłóceń. W otoczeniu przewodzącym zakłócenie zwiera się do masy, powodując przepływ prądu w *pętli uziemienia*. W otoczeniu izolacyjnym prąd asymetryczny, który wpływa do urządzenia wypływa z niego innymi przewodami.

Zakłócenia asymetryczne nie wywołują żadnych skutków bezpośrednio. Stają się dopiero problem, gdy przekształcają się w zakłócenia symetryczne na asymetrii właściwości układów dla napięć wspólnych. Zakłócenia symetryczne wielkiej częstotliwości ( $>1\text{MHz}$ ) są na ogół efektem przekształceń zakłóceń asymetrycznych.

### **Pętla uziemienia**

Jednym z istotnych problemów w pomiarach oraz w kontroli procesów przemysłowych jest wnikanie zakłóceń z uziemienia (pętla uziemienia). Efekt ich działania jest trudno przewidzieć.

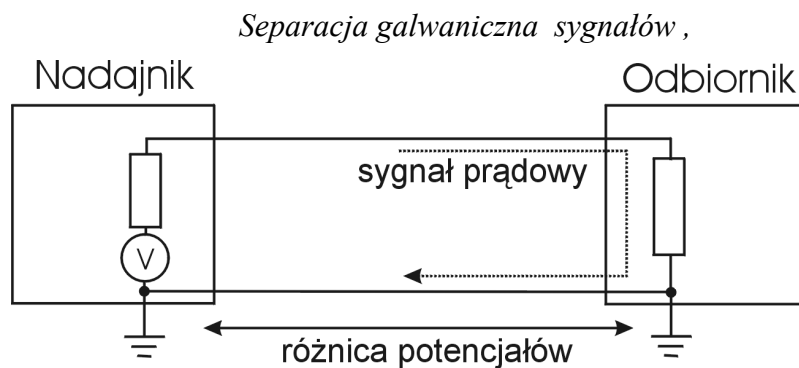
Rys. 4 przedstawia schemat połączenia nadajnika z odbiornikiem. Jest to przykład typowej pętli prądowej pomiarowej. Zawiera ona nadajnik (transmitter) wysyłający sygnał do odbiornika (receiver) poprzez parę przewodów. Oba urządzenia znajdują się w znacznej odległości od siebie. Jedna z części prądu sygnałowego została uziemiona poprzez wewnętrzny obwód i jest zazwyczaj przyłączona do masy ziemi poprzez obudowę urządzenia.



Rys. 4. Typowa pętla pomiarowa.

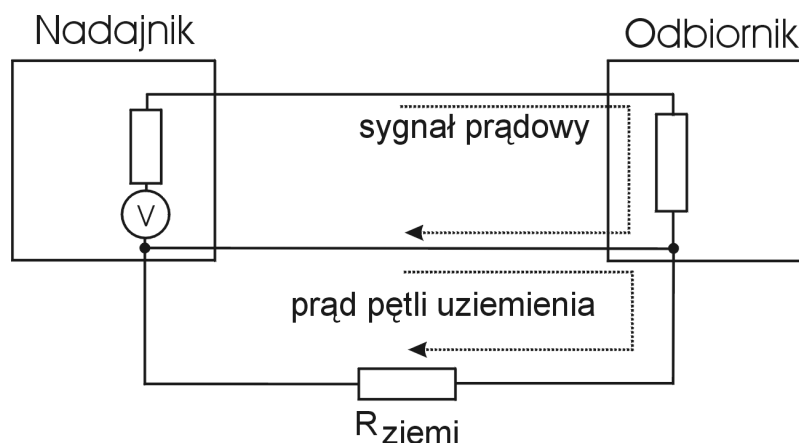
Schemat pomiarowy z Rys. 4 prawdopodobnie pracowałby normalnie, bez zakłóceń z strony pętli uziemienia, gdyby nie fakt konieczności uziemienia każdego z urządzeń. Przepisy bezpieczeństwa nakazują uziemiać każde urządzenie w miejscu jego zainstalowania. Stosowanie elementów nieliniowych (odgromniki) pozwala niekiedy uniknąć tego.

Kiedy podłączymy obydwa urządzenia z Rys. 4 do masy uziemienia, każde w miejscu ich zamontowania, powstaje problem pętli uziemienia. Pętla powstaje na wskutek wystąpienia różnicy potencjałów ziemi w dwóch oddalonych od siebie miejscach. Sytuację tą przedstawia Rys. 5. Gdybyśmy zmierzili woltomierzem napięcie pomiędzy punktami uziemienia obydwu urządzeń, uzyskalibyśmy napięcie od miliwoltów do kilkudziesięciu woltów. Kiedy istnieje różnica napięcia to musi również płynąć prąd pomiędzy tymi dwoma punktami.



Rys. 5. Różnica potencjałów uziemień.

Jeśli rezystancję ziemi  $R$  pomiędzy punktami różnicy potencjałów  $E$ , to musi popłynąć prąd uziemienia  $I=E/R$ .



Rys. 6. Pętla prądowa uziemienia.

Rysunek (Rys. 6) przedstawia sytuację, kiedy mamy dwa prądy płynące z nadajnika do odbiornika. Gdyby różnica potencjałów uziemienia i rezystancji uziemienia była stała to można by było wyskalować pętlę pomiarową i poprzestać na tym. Zarówno różnica potencjałów jak i rezystancja uziemienia jest zmienna w czasie.

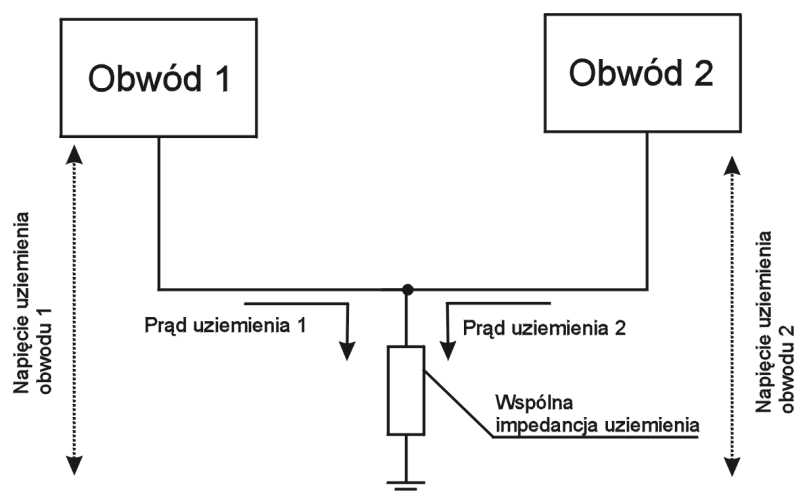
Oprócz zakłóceń sygnałowych często może dojść do zniszczenia obwodów wejściowych a nawet całego urządzenia.

Separacja galwaniczna jest sposobem przeciwdziałania efektom występowania pętli uziemienia.

### ***Wspólna impedancja uziemienia, zasilania.***

Zakłócenie te pojawiają się wówczas, gdy prądy z dwóch różnych obwodów płyną przez wspólną impedancję (np. uziemienia). Spadek napięcia na impedancji wywołany przez prąd jednego obwodu, jest obecny w drugim obwodzie (Rys. 7). Obydwa prądy uziemienia 1 i 2 płyną przez wspólną impedancję uziemienia. Sygnał zakłócający jest zatem sprzęgany z obwodu 2 do obwodu 1 przez wspólną impedancję uziemienia.

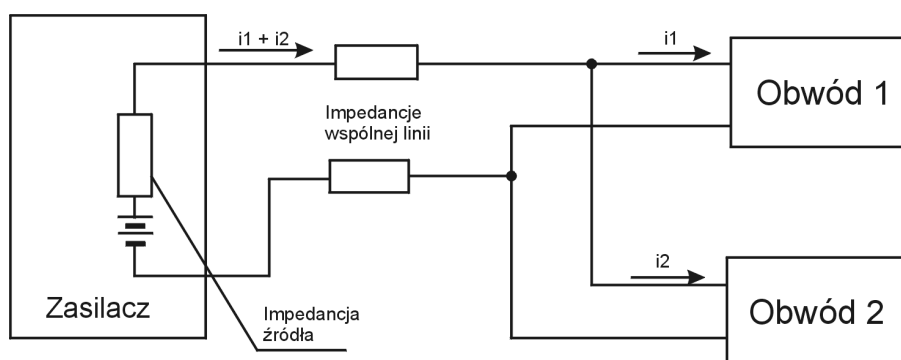
### *Separacja galwaniczna sygnałów ,*



Rys. 7. Sprzężenie przez wspólną impedancję uziemienia.

Impedancji uziemienia jest zmienna w czasie. Sytuacja taka występuje np. podczas deszczu. Istnieje wiele innych czynników, które mogą zmienić rezystancję uziemienia. Często również różnica ta występuje wskutek zanieczyszczeń gruntu przez substancje chemiczne zwielokrotniające zdolność do dysocjacji elektrolitycznej (zasolenie).

Sprzężenie przez wspólną impedancję zasilania pokazano na Rys. 8. Każda zmiana prądu zasilania wywołana przez układ 2 będzie oddziaływać na napięcie na zaciskach układu 1 wskutek wspólnych impedancji linii zasilania i impedancji wewnętrznej źródła zasilania.



Rys. 8. Sprzężenie przez wspólną impedancję zasilania.

Oprócz zaburzeń wynikających z różnicy potencjałów (sprzężenia galwaniczne), zaburzenia wnikają do układu poprzez sprzężenia indukcyjne i pojemnościowe.

Zmienne pola magnetyczne pochodzące od przewodów zasilających i maszyn indukują przepływ prądu we wszelkich zamkniętych obwodach elektrycznych - tym większy, im większa jest powierzchnia obwodu wystawionego na działanie pola. Dotyczy to zarówno linii sygnałowych zamykanych do masy przez rezystancję wewnętrzną układu, jak i pętli masy.

Aby uniknąć indukowania prądów zakłócających w liniach sygnałowych stosuje się tak zwaną skrętkę. Splecenie przewodu sygnałowego razem z przewodem odniesienia zmniejsza do minimum powierzchnię, przez którą przenika pole magnetyczne.

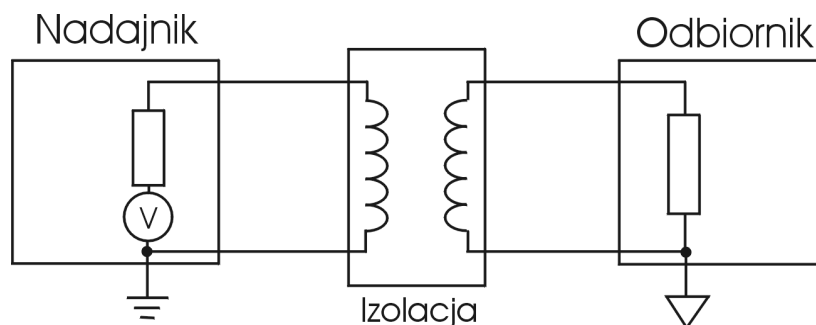
Natomiast jednym ze sposobów przeciwdziałania występowania pętli prądowych jest stosowanie w obiekcie jednego punktu połączenia do uziemienia. Jednak rozproszone po obiekcie obwody wejścia/wyjścia wymagają w myśl przepisów BHP i eksploatacji urządzeń elektrycznych częstego uziemienia. Jest to sprzeczne z wytycznymi zerowania (uziemiania) systemu (z punktu widzenia minimalizacji zakłóceń) w jednym punkcie. Jednym z rozwiązań jest stosowanie w całym obiekcie systemu szyn uziemiających o małej impedancji (np. konstrukcje wsporcze okablowania).

### *Separacja galwaniczna sygnałów ,*

Skutecznym rozwiązaniem jest izolacja galwaniczna pomiędzy systemem sterującym a obwodami wejściami i wyjściami.

#### **Separacja galwaniczna**

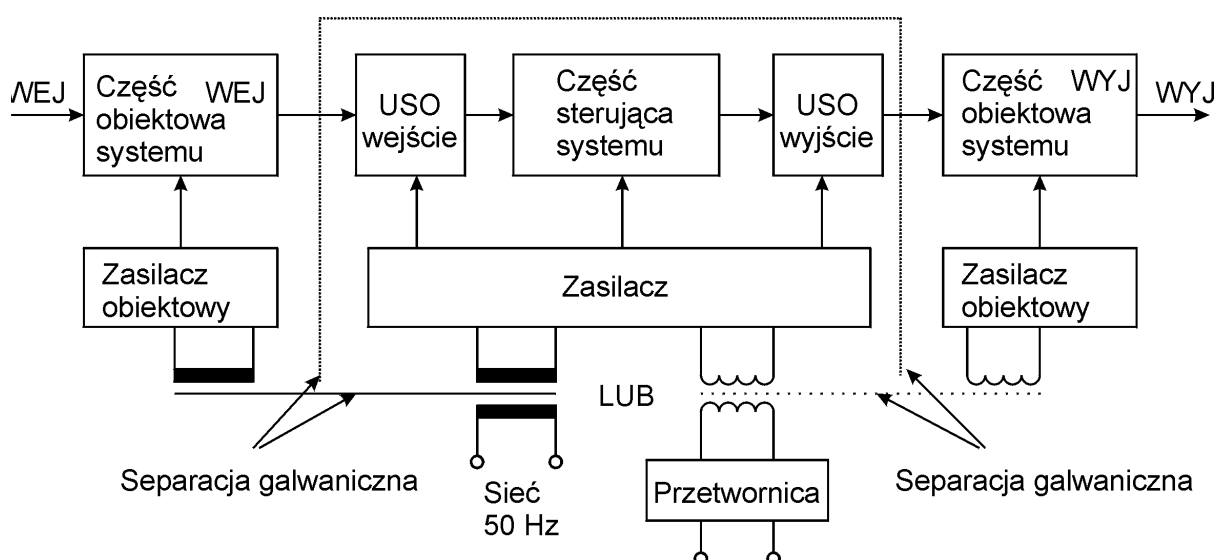
Separacja galwaniczna zapewnia izolację stałoprądową pomiędzy częściami systemu. Izolację galwaniczną można stosować w układach wyjściowych i/lub wejściowych urządzeń, bądź jako oddzielne urządzenia (separator). Na Rys. 9 pokazano separację galwaniczną z użyciem transformatora.



Rys. 9. Separacja galwaniczna.

Izolacja galwaniczna pozwala przerwać pętlę masy (uziemienia), eliminując skutki różnicy potencjałów odniesienia różnych części systemów, jak i (częściowo) efekty sprzężenia indukcyjnego z zewnętrznymi polami magnetycznymi (zakłócenia asymetryczne).

Aby izolacja galwaniczna była pełna i skuteczna, izolowane obwody obiektowe muszą być zasilane z odseparowanych galwanicznie zasilaczy. Zasilanie obwodów obiektowych wykonuje się często jako separowane galwanicznie części zasilaczy sieciowych lub przetwornic służących dla całego systemu. Izolację zasilania umożliwia zastosowanie oddzielnych uzwojeń transformatorów. Na Rys. 10 przedstawia schemat blokowy systemu z separowanymi galwanicznie obwodami obiektowymi.



Rys. 10. Schemat blokowy systemu separowanego galwanicznie z obiektem.

Innym przykładem konieczności stosowania separacji galwanicznej są sprzężenia powstające na wspólnym przewodzie masy przy przetwornikach a/c o większej dokładności (np. 16-bitowej). Zmiany cyfrowego sygnału wyjściowego pojawiają się jako zakłócenia na

### *Separacja galwaniczna sygnałów ,*

wejściu analogowym przy wspólnej masie. Można temu zapobiec przez oddzielenie galwaniczne części cyfrowej od części analogowej urządzenia.

Stosowanie separacji galwanicznej wynika też z wymagań aby urządzenia były bezpieczne i nie stwarzały zagrożenia porażenia prądem elektrycznym. Szczegółów wymagania zawarte są w normach i przepisach. Części urządzenia połączone z napięciem niebezpiecznym (np. sieci energetycznej) muszą być odizolowane od części dostępnych operatorowi. Separacja galwaniczna umożliwia niezbędne funkcjonalnie połączenie sygnałowe obu części.

#### **Techniczna realizacja oddzielenia galwanicznego.**

Stosowane sposoby realizacji oddzielenia galwanicznego obwodów:

- optoelektroniczne (światło),
- oddzielenie transformatorowe (pole magnetyczne),
- pojemnościowe (pole elektryczne),
- poprzez przekaźniki (elektromechaniczne),
- piezoelektryczne (mechaniczne),
- akustyczne (fale ultradźwiękowe).

Najczęściej stosuje się oddzielenie optoelektroniczne, które wypiera inne sposoby zarówno dla sygnałów cyfrowych i analogowych.

Jednak transformatory w technice cyfrowej i analogowej przy wyższych częstotliwościach ciągle dominują.

Transformatory są nadal podstawą zapewnienia separowanego galwanicznie zasilania oddzielonych części urządzenia lub systemu.