

PORADNIK TECHNICZNY

Jak prawidłowo dobrać zamiennik funkcjonalny dla przetwornika ciśnienia i przepływomierza?

Praktyczny przewodnik po naprawie aparatury pomiarowej, kalibracji zakresu pomiarowego i wykluczeniach bezpieczeństwa: seria IFM efector, WIKA S-20 oraz Endress+Hauser Cerabar.

Koszt przestoju i strategia zamiennika funkcjonalnego

Krytyczna awaria linii produkcyjnej spowodowana uszkodzeniem przetwornika ciśnienia lub przepływomierza generuje koszt liczony w tysiącach złotych za każdą godzinę przestoju. Czas dostawy oryginalnej części od producenta (OEM) – szczególnie przy modelach specjalnych, kalibrowanych fabrycznie lub objętych długim lead time – często wielokrotnie przekracza czas, jaki zakład może sobie pozwolić stracić. W takiej sytuacji zespół Utrzymania Ruchu (UR) staje przed decyzją: czekać na część 1:1, czy zastosować **zamiennik funkcjonalny przetwornika ciśnienia** dostępny od ręki.

Zamiennik funkcjonalny to urządzenie realizujące tę samą funkcję pomiarową co uszkodzony element, lecz niekoniecznie identyczne pod względem zakresu, sygnału wyjściowego, materiału czy przyłącza. Jego zastosowanie jest uzasadnione wyłącznie wtedy, gdy inżynier UR jest w stanie w pełni zweryfikować i – jeśli trzeba – przeparametryzować trzy warstwy kompatybilności: mechaniczną, elektryczną/sygnałową oraz regulacyjną. Ten przewodnik prowadzi przez wszystkie trzy warstwy na przykładzie trzech najczęściej spotykanych w polskich zakładach serii: **IFM efector**, **WIKA S-20** oraz **Endress+Hauser Cerabar**.

Kompatybilność mechaniczna i materiałowa: przyłącza procesowe i materiały zwilżane

Zanim przetwornik trafi na instalację, trzeba zweryfikować dwa parametry mechaniczne: typ przyłącza procesowego i materiał części zwilżanych. Błąd na tym etapie kończy się wyciekami, korozją lub – w gorszym scenariuszu – uszkodzeniem instalacji.

Przyłącza procesowe dzielą się na kilka rodzin, które nie są ze sobą zamienne bez adaptera:

- Gwinty G (metryczne, EN 837) – G 1/4, G 1/2, G 1 – standard europejski.
- NPT (ANSI/ASME) – gwint stożkowy, np. 1/4" NPT, 1/2" NPT – standard USA i Azji.
- Tri-Clamp (higieniczne) – przyłącze zaciskowe stosowane w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym, gdzie liczy się szybki demontaż i czystość powierzchni.
- Kołnierze SAE / DIN – typowe dla układów hydraulicznych i wysokociśnieniowych.

Materiał zwilżany musi być dobrany do agresywności medium, a nie tylko do jego nazwy chemicznej – ta sama stal nierdzewna 316L zachowuje się inaczej w wodzie zdemineralizowanej niż w roztworze chlorków. Do najczęstszych wyborów należą stal 316/316L SS (uniwersalna odporność korozyjna), Hastelloy (media silnie agresywne – kwasy, zasady, chlorki) oraz materiały dopuszczone do kontaktu z żywnością w aplikacjach spożywczych i farmaceutycznych.

Tabela 3. Dobór przyłącza i materiału zwilżanego wg zastosowania

Typ zastosowania	Zalecane przyłącze/gwint	Zalecany materiał zwilżany	Zalecany materiał uszczelnienia
---	---	---	---
Olej hydrauliczny	G 1/2, SAE, 7/16-20 UNF	Stal nierdzewna 316 SS	FKM
Woda zdemineralizowana	G 1/4-G 1/2, NPT	Stal nierdzewna 316L SS	EPDM
Żywność i napoje (Food & Beverage)	Tri-Clamp (higieniczne), DIN 11851	316L SS, polerowana powierzchnia	EPDM lub FFKM klasy spożywczej
Media korozyjne / chemiczne	NPT, kołnierz	Hastelloy C276	FFKM (np. Kalrez)

Przy każdej z powyższych kombinacji dokładny wariant należy zweryfikować w aktualnej karcie katalogowej – producenci regularnie rozszerzają lub ograniczają dostępność wariantów materiałowych w zależności od serii.

Integracja elektryczna i sygnałowa: od 4-20 mA po IO-Link i HART

Kompatybilność mechaniczna nie wystarczy – zamiennik musi też "rozmawiać" z systemem automatyki tym samym językiem sygnałowym, albo inżynier musi zaplanować konwersję.

Sygnały analogowe pozostają najczęstszym mianownikiem w starszych instalacjach:

- 4...20 mA (2-wire) – prądowy, odporny na spadki napięcia na długich trasach kablowych, standard przemysłowy.
- 0...10 V (3-wire) – napięciowy, wciąż spotykany w starszych szafach sterowniczych, bardziej podatny na zakłócenia.

Protokoły cyfrowe zyskują na znaczeniu wraz z modernizacją instalacji:

- IO-Link (IEC 61131-9) – dwukierunkowa komunikacja cyfrowa, przesyłająca oprócz wartości pomiarowej także diagnostykę i parametry konfiguracyjne. Standard definiuje trzy prędkości transmisji: COM1 (4,8 kbit/s), COM2 (38,4 kbit/s) i COM3 (230,4 kbit/s). Przejście z czujnika analogowego na IO-Link wymaga IO-Link mastera, pliku IODD oraz pełnej reparametryzacji w PLC/HMI – to zmiana architektury integracji, nie tylko wymiana czujnika.
- HART – nakłada cyfrową warstwę diagnostyczną na tradycyjny sygnał 4-20 mA, bez zakłócania głównego pomiaru. Integracja wymaga komunikatora HART lub bramki HART

oraz minimalnego obciążenia linii 250 Ω .

Najbardziej ryzykowny scenariusz to zmiana typu sygnału bez odpowiedniej konwersji – np. stary układ oczekuje 0-10 V, a zamiennik funkcjonalny daje wyłącznie 4-20 mA. Wymaga to wtedy albo przetwornika sygnału, albo zmiany karty wejściowej PLC.

Tabela 2. Kompatybilność sygnału wyjściowego i wymagane działania przy zamianie

| Sygnał oryginalny | Możliwość bezpośredniej zamiany | Wymagana modyfikacja PLC/sprzętu | Wymagana korekta kalibracji/skalowania |

|---|---|---|---|

| 4-20 mA | Wysoka | Zwykle brak – te same zaciski wejścia analogowego | Weryfikacja zera i zakresu (zero/span) |

| 0-10 V | Średnia, zależnie od wejścia PLC | Może wymagać konwertera sygnału lub innej karty wejściowej | Pełne przeskalowanie zakresu |

| IO-Link | Niska bez adaptera | Wymaga IO-Link mastera i pliku IODD | Parametryzacja cyfrowa zamiast analogowej |

| HART | Wysoka (bazowa warstwa 4-20 mA zachowana) | Zwykle brak, opcjonalnie modem HART do diagnostyki | Weryfikacja Device Type/rewizji DD, przeskalowanie przy innym zakresie |

| PROFIBUS PA | Niska | Wymaga zgodnego segmentu PA i pliku GSD | Pełna reparametryzacja w systemie DCS |

Kalibracja i skalowanie zakresu pomiarowego (turndown ratio)

Nawet gdy przyłącze i sygnał się zgadzają, zamiennik funkcjonalny niemal zawsze ma inny fizyczny zakres pomiarowy niż oryginał – i tu najczęściej popełniany jest błąd kalibracji zakresu pomiarowego.

Kluczowe pojęcie to stosunek redukcji zakresu (turndown ratio) – stosunek maksymalnego zakresu pomiarowego czujnika do rzeczywiście skonfigurowanego zakresu roboczego (rozpiętości/span). Przykład: instalacja była fabrycznie skalibrowana tak, że 4 mA odpowiada 0 bar, a 20 mA odpowiada 6 bar. Dostępny od ręki zamiennik ma fizyczny zakres 0-10 bar. Montaż "jak leci" i pozostawienie fabrycznej konfiguracji 0-10 bar spowoduje, że przy rzeczywistym ciśnieniu 6 bar system automatyki odczyta sygnał odpowiadający jedynie ok. 60% zakresu – czyli błędną wartość procesową, mimo że sam czujnik działa poprawnie.

Prawidłowe postępowanie:

1. Ustal rzeczywisty zakres roboczy instalacji (np. 0-6 bar), a nie zakres maksymalny czujnika.
2. Przeparametryzuj zero i span nowego przetwornika (lub odpowiadający blok skalowania w PLC) tak, aby 4 mA i 20 mA odpowiadały dokładnie tym samym wartościom fizycznym co w

oryginalne.

3. Sprawdź dopuszczalny turndown ratio dla wybranego modelu – przy zbyt dużej redukcji zakresu (np. użycie czujnika 0–100 bar do pomiaru 0–2 bar) dokładność pomiaru drastycznie spada, mimo że sygnał formalnie "działa".

4. Udokumentuj nową konfigurację w dokumentacji ruchowej instalacji, aby uniknąć błędu przy kolejnej wymianie.

Wykluczenia bezpieczeństwa i regulacyjne: kiedy zamiennik funkcjonalny jest zabroniony

Presja czasu podczas awarii nie zwalnia z odpowiedzialności regulacyjnej. Istnieją granice, w których szybka zamiana na zamiennik funkcjonalny jest wprost zabroniona bez formalnej recertyfikacji.

Strefy zagrożone wybuchem (ATEX/IECEx) wymagają, aby zamiennik posiadał własne oznaczenie Ex zgodne ze strefą instalacji – nie wystarczy "podobny" czujnik przemysłowy. **Pętle bezpieczeństwa SIL** (Safety Instrumented System) wymagają urządzenia z własną deklaracją SIL na tym samym lub wyższym poziomie, popartą raportem FMEDA – zamiennik bez takiej deklaracji unieważnia funkcję bezpieczeństwa całej pętli, nawet jeśli fizycznie mierzy poprawnie. **Zgodność FDA/EHEDG** w aplikacjach spożywczych i farmaceutycznych to nie tylko materiał zwilżany, ale też chropowatość powierzchni i konstrukcja bezszczelinowa – tu decyduje dokumentacja zgodności, nie deklaracja handlowa sprzedawcy.

Tabela 4. Checklista wykluczeń bezpieczeństwa i regulacyjnych

Norma / środowisko	Ograniczenie zamiany	Obowiązkowa weryfikacja	Skutki niezgodności
Strefa ATEX 0/1 (zagrożenie wybuchem)	Zakaz montażu urządzenia bez własnego certyfikatu Ex dla danej strefy	Sprawdzenie oznaczenia Ex i ważności certyfikatu ATEX/IECEx	Ryzyko wybuchu, utrata ochrony ubezpieczeniowej, odpowiedzialność karna
Pętla bezpieczeństwa SIL 2/3	Zamiennik musi mieć własną deklarację SIL na tym samym poziomie	Weryfikacja raportu FMEDA i certyfikatu SIL producenta	Utrata funkcji bezpieczeństwa, ryzyko wypadku przy awarii procesu
Zgodność FDA/EHEDG (higieniczne)	Wymagane materiały i wykończenie dopuszczone do kontaktu z żywnością	Sprawdzenie deklaracji zgodności FDA/EHEDG i chropowatości powierzchni	Skażenie produktu, wycofanie partii z rynku, sankcje sanitarne
Aprobata morska (np. DNV, Lloyd's Register)	Wymagany certyfikat klasyfikacyjny odpowiedniego towarzystwa	Sprawdzenie aktualności certyfikatu klasyfikacyjnego	Utrata klasy jednostki, odmowa wypłaty ubezpieczenia

Analiza serii: IFM efector, WIKA S-20 i Endress+Hauser Cerabar w praktyce UR

Każda z trzech serii reprezentuje inną filozofię projektową, co przekłada się na typowy scenariusz zamiany.

IFM efector to rodzina czujników zorientowana na automatykę fabryczną i integrację cyfrową – silny nacisk na IO-Link, kompaktową obudowę i wyświetlacz LED ułatwiający odczyt bez podłączania komunikatora. Typowy scenariusz zamiany: modernizacja starszego wejścia analogowego przy okazji awarii, z wykorzystaniem równoległego kanału 4-20 mA i IO-Link w tym samym urządzeniu – pozwala to wymienić czujnik od ręki na sygnale analogowym, a docelowo przejść na IO-Link bez kolejnej wymiany sprzętu.

WIKA S-20 to klasyczny przemysłowy "koń roboczy" – ogromna liczba wariantów przyłączy (gwinty G, NPT, SAE, DIN) i sygnałów (4-20 mA, 0-10 V, 1-5 V) czyni go najbardziej uniwersalnym kandydatem na szybki zamiennik funkcjonalny w instalacjach bez wymogów certyfikacyjnych. Typowy scenariusz: awaryjna wymiana przetwornika ogólnoprzemysłowego o wysokim ciśnieniu roboczym, gdzie liczy się dostępność "od ręki" w szerokim zakresie konfiguracji.

Endress+Hauser Cerabar reprezentuje segment modularnych, precyzyjnych przetworników z pełnym wsparciem HART i PROFINET over Ethernet-APL, dostępnych w wersjach z certyfikatami ATEX, IECEx, CSA C/US, NEPSI oraz opcjonalnie SIL. Typowy scenariusz: instalacja procesowa lub strefa Ex, gdzie zamiennik musi zachować nie tylko funkcję pomiarową, ale i pełną zgodność regulacyjną – tu decyzja o "szybkim zamianie" musi być poprzedzona weryfikacją z tabeli wykluczeń bezpieczeństwa powyżej.

Tabela 1. Porównanie techniczne analizowanych serii

Parametr / cecha	IFM efector	WIKA S-20	Endress+Hauser Cerabar (PMC51B)
	--- --- --- ---		
Zakres pomiarowy	zależny od wariantu, typowo do ok. 600 bar	0...0,4-1600 bar	100 mbar – 40 bar (zależnie od wersji)
Sygnał wyjściowy	4-20 mA, IO-Link, wybrane modele 0-10 V	4-20 mA, 0-10 V, 1-5 V	4-20 mA, 4-20 mA HART, PROFINET over Ethernet-APL
Przyłącze procesowe	G 1/4, G 1/8, 1/4" NPT, R 1/4	Gwinty G, NPT, SAE, DIN – ponad 20 wariantów	Gwint G 1/2–G 2, NPT, kołnierz DN25–DN80
Zasilanie	ok. 18–30 VDC	ok. 8–36 VDC (zależnie od wariantu)	zależne od wersji (Ex/non-Ex)
Stopień ochrony	IP65/IP67	zależny od wariantu obudowy	zależny od wersji
Certyfikaty	zależne od wariantu	do potwierdzenia u dystrybutora dla konkretnej konfiguracji	ATEX, IECEx, CSA C/US, NEPSI, opcjonalnie SIL

| Typowy scenariusz zamiany | modernizacja do IO-Link przy okazji awarii | uniwersalny zamiennik ogólnoprzemysłowy | instalacje procesowe i strefy Ex wymagające pełnej zgodności |

Enetiv - zaufany partner w krytycznych sytuacjach awaryjnych

Gdy linia stoi, a czas na decyzję liczony jest w godzinach, kluczowa jest nie tylko wiedza inżynierska, ale i dostępność właściwej części. **Enetiv** działa jako dostawca sprzętu automatyki i aparatury kontrolno-pomiarowej, oferując szeroki asortyment rozwiązań od najpopularniejszych producentów w branży, w tym m.in. **IFM electronic, WIKA, Endress+Hauser, Emerson, JUMO, KROHNE, VEGA oraz ABB**. Oferta obejmuje zarówno części nowe, jak i sprawdzone egzemplarze używane oraz regenerowane, co w sytuacji krytycznej awarii często oznacza realny czas dostawy liczony w dniach, a nie tygodniach oczekiwania na produkcję OEM. W razie potrzeby Enetiv może też zorganizować technikę automatyki na miejscu, wspierając zespół UR nie tylko w doborze części, ale i w samej wymianie oraz parametryzacji. To właśnie połączenie dostępności sprzętu z realnym wsparciem inżynierskim czyni Enetiv partnerem, do którego warto sięgnąć, zanim awaria zamieni się w przestój liczony w dniach produkcyjnych.

Źródła / Bibliografia

- WIKA S-20 – karta katalogowa (EN): https://www.wika.com/en-co/s_20.WIKA
- Endress+Hauser Cerabar PMC51B – strona produktu (EN): <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/pressure-measurement-product-overview/Pressure-transmitter-Cerabar-PMC51B>
- WIKA S-20 – karta katalogowa (DE): https://www.wika.de/s_20.WIKA
- IFM electronic – strona producenta: <https://www.ifm.com>
- WIKA – strona producenta: <https://www.wika.com>