

PFMEA 2019, Edycja 1 VDA / Edycja 5 AIAG – Process Failure Mode and Effects Analysis, Analiza przyczyn i skutków wad procesu, według AIAG (Automotive Industry Action Group) i VDA (Verband der Automobilindustrie)

Temat:

Montaż modułu baterii trakcyjnej 800 V – przykład pełnych rozgałęzień

Lokalizacja firmy:

Zakład produkcyjny Wrocław

Odpowiedzialny za projekt:

Anna Nowak

Rok modelu / produktu:

Platforma EV 800 V / MY2027

Nazwa firmy:

BAP Mobility Components Sp. z o.o.

Początek PFMEA / data:

10.10.2026

Nazwa klienta:

Producent pojazdów elektrycznych

Numer analizy PFMEA:

PFMEA-2019-DAMIAN-FINAL-01

PFMEA rewizja / data:

H / 2026-10-22

Poziom zabezpieczenia:

Poufne — materiał demonstracyjny

Zespół do spraw PFMEA

Lider PFMEA — imię:

Anna

Imię:

Marek

Imię:

Ewa

Imię:

Paweł

Nazwisko:

Nowak

Nazwisko:

Zieliński

Nazwisko:

Maj

Nazwisko:

Kowalski

Stanowisko:

Lider PFMEA / inżynier procesu

Stanowisko:

Inżynier jakości

Stanowisko:

Inżynier produktu

Stanowisko:

Automatyk / utrzymanie ruchu

Sugerowany przegląd działań przez osoby zarządzające.

CIĄGŁE USPRAWNIENIA		KROK 2 - ANALIZA STRUKTURALNA			KROK 3 - ANALIZA FUNKCJONALNA			KROK 4 - ANALIZA NIEZGODNOŚCI				KROK 5 - ANALIZA RYZYKA						KROK 6 - OPTIMALIZACJA																		
Lp	Historia zmian, zmiana autoryzacji	1. Element procesu, podproces, element częściowy albo nazwa procesu	2. Krok w procesie, stanowisko	3. Element pracy w procesie	1. Funkcja elementu procesu lub podprocesu lub elementu częściowego	2. Funkcja kroku w procesie i charakterystyki produktu	3. Funkcja elementu pracy w procesie i charakterystyka procesu	1. FE – failure effect – efekt niezgodności	5 – Severity – Dotkliwość (odnosi się do FE)	2. FM – failure mode – tryb niezgodności kroku w procesie	3. FC – failure cause – przyczyna niezgodności stanowiąca na którym odbywa się element procesu	1. Obecna kontrola prewencyjna broniąca przed FC	0 – Occ – Występowalność (odnosi się do FC)	2. Obecna kontrola wykrywania FC lub FM	0 – Det – Wykrywalność (odnosi się do FC lub FM)	3. AP	4. Charakterystyki specjalne	1. Akcje korygujące/ zapobiegawcze	2. Akcje wykrywające, detekcyjne	3. Odpowiedzialny, imię i nazwisko	4. Planowana data zakończenia	5. Status	6. Walidacja, weryfikacja	7. Data ukończenia	Sev	Occ	Det	8. Charakterystyki specjalne	9. AP							
1	Rewizja B: geometria i bezpieczne zamocowanie modułu	Montaż modułu baterii trakcyjnej 800 V	Pozycjonowanie sekcji ogniw w obudowie	Przyrząd ustalający	Zapewnić prawidłową geometrię, sztywność i bezpieczne zamocowanie modułu	Ustawić sekcje w bazach montażowych z tolerancją położenia ±0,20 mm	Bazować sekcję powtarzalnie w trzech osiach	Moduł nie mieści się w pojeździe albo przenosi nadmierne obciążenia na punkty mocowania	9	Sekcja ogniw przesunięta względem baz obudowy	Zużycie pinów bazowych zwiększa luz pozycjonowania	Pomiar zużycia pinów co 10 000 cykli; wzorzec graniczny	7	Kontrola wizyjna położenia sekcji przed dokręcaniem	6	H	CC – bezpieczeństwo	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-10-11	Nierozpoczęte	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	9	5	3	CC	H							
					Utrzymać czyste powierzchnie bazowe i zapewnić pełne osadzenie sekcji	Zabrudzenie powierzchni bazowej uniemożliwia pełne osadzenie sekcji	Standard czyszczenia po każdej partii, checklista operatora				Czujnik wysokości potwierdzający dosiad sekcji							5	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego											Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-10-12	W trakcie	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	9
				Program stanowiska i identyfikacja wariantu	Wczytać parametry właściwe dla numeru produktu	System uruchamiania receptury dla innego wariantu obudowy	Automatyczny wybór receptury z kodu Data Matrix				Porównanie identyfikatora receptury z numerem produktu	3	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu			2026-10-13	Wstrzymane											Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	9	1	1	CC	L
			Docisk i mocowanie sekcji ogniw	Układ docisku pneumatycznego	Chronić ogniwa przed uszkodzeniem mechanicznym podczas montażu i eksploatacji	Docisnąć sekcję kontrolowaną siłą bez odkształcenia obudowy	Docisnąć sekcję siłą 1,8 ±0,2 kN	Uszkodzenie mechaniczne ogniwa może doprowadzić do utraty izolacji i zdarzenia termicznego	10	Sekcja dociskana z nadmierną siłą lub w niewłaściwym miejscu	Regulator ciśnienia utrzymuje wartość powyżej zatwierdzonego zakresu	Zablokowana nastawa regulatora i codzienna kontrola ciśnienia	4	Rejestracja siły docisku z automatycznym zatrzymaniem cyklu	7	H	CC – bezpieczeństwo	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-11-11	W trakcie	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	10	2	4	CC	L							
						Podkładka dociskowa została zamontowana w odwrotnej orientacji	Asymetryczny kształt podkładki i instrukcja wizualna				Czujnik obecności oraz orientacji podkładki	4	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu		2026-11-12	Wstrzymane	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67											-	10	1	1	CC	L	
				Operator montażu		Umieścić sekcję bez kontaktu krawędzi ogniw z obudową	Sekcja zostaje przechylona podczas ręcznego załadunku do gniazda				Prowadnice wejściowe i standard chwytu oburącz	2	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu		2026-11-13	Zakończone	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67											-	10	1	1	CC	L	
				Śruba mocująca i podkładka		Dokręcić elementy mocujące w zaleczonej kolejności i uzyskać wymaganą siłę zacisku	Przenieść siłę zacisku bez trwałego odkształcenia	Poluzowanie modułu powoduje drgania, uszkodzenie połączeń i utratę funkcji napędowej pojazdu		Element mocujący nie zapewnia wymaganej siły zacisku	Śruba o niewłaściwej klasie wytrzymałości została pobrana do montażu	Skanowanie numeru części przed pobraniem śruby	3	Kontrola długości i oznaczenia śruby przez system wizyjny	4		CC – bezpieczeństwo	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-12-11	Wstrzymane	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	9	1	1	CC	L							

CIĄGŁE USPRAWNIENIA		KROK 2 - ANALIZA STRUKTURALNA			KROK 3 - ANALIZA FUNKCJONALNA			KROK 4 - ANALIZA NIEZGODNOŚCI				KROK 5 - ANALIZA RYZYKA					KROK 6 - OPTYMALIZACJA															
Lp	Historia zmian, zmiana autoryzacji	1. Element procesu, podproces, element częściowy albo nazwa procesu	2. Krok w procesie, stanowisko	3. Element pracy w procesie	1. Funkcja elementu procesu lub podprocesu lub elementu częściowego	2. Funkcja kroku w procesie i charakterystyki produktu	3. Funkcja elementu pracy w procesie i charakterystyka procesu	1. FE – failure effect – efekt niezgodności	S – Severity – Dotkliwość (odnosi się do FE)	2. FM – failure mode – tryb niezgodności kroku w procesie	3. FC – failure cause – przyczyna niezgodności stanowiska na którym odbywa się element procesu	1. Obecna kontrola prewencyjna broniąca przed FC	O – Occ – Występowalność (odnosi się do FC)	2. Obecna kontrola wykrywania FC lub FM	D – Det – Wykrywalność (odnosi się do FC lub FM)	3. AP	4. Charakterystyki specjalne	1. Akcje korygujące/ zapobiegawcze	2. Akcje wykrywające, detekcyjne	3. Odpowiedzialny, imię i nazwisko	4. Planowana data zakończenia	5. Status	6. Walidacja, weryfikacja	7. Data ukończenia	Sev	Occ	Det	8. Charakterystyki specjalne	9. AP			
1	Rewizja B: geometria i bezpieczne zamocowanie modułu	Montaż modułu baterii trakcyjnej 800 V	Docisk i mocowanie sekcji ogniw	Gwint obudowy modułu	Chronić ogniwa przed uszkodzeniem mechanicznym podczas montażu i eksploatacji	Dokreślić elementy mocujące w zatwierdzonej kolejności i uzyskać wymaganą siłę zacisku	Zapewnić nosne i powtarzalne połączenie gwintowe	Poluzowanie modułu powoduje drgania, uszkodzenie połączeń i utratę funkcji napędowej pojazdu	9	Element mocujący nie zapewnia wymaganej siły zacisku	Gwint został uszkodzony podczas wcześniejszej operacji transportowej	Ochrony gwintów i kontrolowany transport międzyoperacyjny	2	Monitorowanie gradientu momentu i kąta dokręcania	5	M	CC – bezpieczeństwo	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-12-12	Zakończone	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	2026-12-28	9	1	2	CC	L			
2	Rewizja B: połączenia elektryczne i odprowadzanie ciepła	Montaż modułu baterii trakcyjnej 800 V	Łączenie szynoprzewodów z biegunami sekcji	Wkrętarka sterowana	Zapewnić bezpieczne połączenie elektryczne i kontrolowane odprowadzanie energii cieplnej	Dokreślić każde połączenie momentem 9,0 ±0,5 Nm i zarejestrować krzywą	Kontrolować moment, kąt i kolejność dokręcania	Wzrost rezystancji połączenia powoduje przegrzewanie, spadek mocy i skrócenie trwałości modułu	8	Połączenie wykonane z niewłaściwym momentem lub kątem dokręcania	Zużyta końcówka narzędzia powoduje niestabilne przeniesienie momentu	Limit liczby cykli końcówki i kontrola zużycia przed zmianą	5	Ocena krzywej moment–kąt dla każdego połączenia	4	M	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-10-11	Nierozpoczęte	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	8	3	1	SC	L			
							Szynoprzewody i powierzchni stykowe				Wczytać i potwierdzić program właściwy dla aktualnego wariantu produktu	Niezatwierdzony program dokręcania pozostaje aktywny po zmianie wariantu	Blockada programu przez MES i automatyczne logowanie operatora	3	Porównanie programu z marszrutą oraz alarm przed startem cyklu	6	M	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-10-12	W trakcie	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	8	1	3	SC	L		
							Szynoprzewody i powierzchni stykowe				Zapewnić czystą, płaską powierzchnię styku bez uszkodzeń	Zanieczyszczenie powierzchni styku zwiększa rezystancję przejścia	Ochronione pojemniki i kontrolowany czas ekspozycji detalu	2	Test rezystancji po zakończeniu montażu	3	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-10-13	Wstrzymane	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	8	1	1	SC	L		
				Sterownik sekwencji dokręcania			Wymusić zatwierdzoną kolejność wszystkich punktów dokręcania			Połączenia dokręcono w niewłaściwej kolejności, powodując nierównomierny docisk	Algorytm zezwala na pominięcie punktu po ręcznym wznowieniu cyklu	Walidacja sekwencji po każdym wznowieniu i blokada pominiętego punktu	3	Porównanie kompletności krzywych wszystkich punktów przed zwolnieniem modułu	5	M	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-11-11	W trakcie	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	8	1	2	SC	L			
				Prowadnica szynoprzewodu			Ustalić położenie szynoprzewodu w całym zakresie tolerancji			Szynoprzewód znajduje się poza prowadnicą lub styka się z sąsiednim elementem	Prowadnica jest odkształcona po nieprawidłowym składowaniu	Dedykowane opakowanie i wzorzec kontroli kształtu	3	Kamera 3D sprawdzająca położenie szynoprzewodu	6	M	CC – bezpieczeństwo	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-12-11	Wstrzymane	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	10	1	3	CC	L			
				Operator układania połączeń			Poprowadzić szynoprzewód bez naprężeń i skręcenia				Szynoprzewód został obrócony przed osadzeniem w prowadnicy	Poka-yoke orientacji i oznaczenie stron elementu	2	Wizyjna kontrola orientacji przed dokręcaniem	3	L	CC – bezpieczeństwo	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2026-12-12	Zakończone	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	2026-12-28	10	1	1	CC	L			
			Dozowanie materiału termoprzewodzącego na płytę chłodzącą	Dozownik materiału TIM	Zapewnić równomierne odprowadzanie ciepła i stabilną temperaturę wszystkich ogniw	Natożyć ciążką ścieżkę materiału TIM o masie 145 ±5 g bez pustek	Utrzymać stabilny przepływ i pozycję dyszy nad płytą chłodzącą	Nierównomierne chłodzenie prowadzi do różnic temperatur, ograniczenia mocy i szybszego starzenia ogniw	6	Warstwa materiału termoprzewodzącego jest nieciągła lub zbyt cienka	Lepkość materiału jest poza zakresem wskutek niewłaściwej temperatury	Kondycjonowanie materiału przez 8 godzin i blokada temperatury	4	Pomiar masy porcji oraz monitoring ciśnienia dozowania	5	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2027-01-11	Zakończone	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	2027-01-28	6	2	2	SC	L			
							Pęcherz powietrza po wymianie pojemnika przeływa ścieżkę materiału				Automatyczny cykl odpowietrzania po każdej wymianie pojemnika	System wizyjny kontrolujący szerokość i ciągłość ścieżki	3	System wizyjny kontrolujący szerokość i ciągłość ścieżki	4	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2027-01-12	Nierozpoczęte	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	6	1	1	SC	L			
				Dysza dozująca			Prowadzić ścieżkę zgodnie z trajektorią i utrzymywać stałą wysokość				Częściowo zatkana dysza ogranicza przepływ w końcowym odcinku ścieżki	Automatyczne plukanie dyszy i wymiana po określonej liczbie cykli	2	Porównanie obrazu całej ścieżki z maską referencyjną	2	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2027-01-13	W trakcie	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	6	1	1	SC	L			
				Materiał TIM i pojemnik zasilający			Dostarczyć jednnorodny materiał o zatwierdzonej lepkości				Przekroczony czas użytkowania otwartego pojemnika właściwości materiału	Identyfikacja czasu otwarcia i automatyczna blokada po przekroczeniu limitu	3	Kontrola lepkości próbki oraz trendu ciśnienia dozowania	6	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2027-01-14	Wstrzymane	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	6	1	3	SC	L			
				Pompa dozująca TIM			Utrzymać wymagany przepływ w całym cyklu dozowania				Zużyte uszczelnienie pompy powoduje pulsację przepływu materiału	Limit czasu pracy uszczelnienia i planowa wymiana prewencyjna	4	Trend przepływu i alarm pulsacji podczas każdego cyklu	5	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2027-01-15	Zakończone	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	2027-01-28	6	2	2	SC	L			
				System wizyjny dozowania			Zweryfikować kompletną ścieżkę TIM przed montażem sekcji				Wzorzec kalibracyjny przypisany do wariantu produktu	Automatyczna kontrola ostrości i geometrii obrazu referencyjnego	3	Automatyczna kontrola ostrości i geometrii obrazu referencyjnego	4	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2027-01-16	Nierozpoczęte	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	6	1	1	SC	L			
				Partia materiału TIM			Zapewnić jednorodność materiału w całej partii produkcyjnej				Niepełne wymieszanie partii powoduje lokalne różnice lepkości	Zatwierdzony czas mieszania i rejestr parametrów partii	2	Porównanie ciśnienia dozowania na początku, w środku i na końcu partii	3	L	SC – charakterystyka procesu	Wprowadzić poka-yoke i cyfrowe potwierdzenie warunku startowego	Dodać zapis trendu oraz automatyczne zatrzymanie po przekroczeniu limitu	Anna Nowak – inżynier procesu	2027-01-17	W trakcie	Seria próbna 50 modułów, audyt procesu i analiza zdolności Cpk ≥ 1.67	-	6	1	1	SC	L			