



**Michał  
Krzemiński**



**Kamil  
Konczerewicz**

## Ocena zwłoki rejestracji zamrożonej ramki na podstawie wartości napięcia sieci pojazdu

### Streszczenie

Zapis zamrożonych ramek następuje ze zmienną zwłoką zależną od systemu, w jakim zostały zarejestrowane, charakteru uszkodzenia czy parametrów eksploatacyjnych pojazdu. Zwłoka ta bywa trudna do oszacowania, co nastęrcza rekonstruktorom trudności przy kwalifikowaniu informacji z zamrożonej ramki jako przydatnej w procesie rekonstrukcji zdarzenia. W artykule zaproponowano metodę szacowania zwłoki rejestracji zamrożonej ramki opierającą się na wartości napięcia sieci pojazdu.

### Słowa kluczowe

Zamrożone ramki, diagnostyka, zwłoka rejestracji, CAN, FlexRay.

Otrzymano 17 listopada 2023 r., zatwierdzono do druku 10 grudnia 2023 r.

DOI 10.4467/15053520PnD.23.014.18938

### 1. Wstęp

Od kilkunastu lat samochody osobowe wyposażane są w wypadkowe rejestratory danych (EDR). Na terenie Europy wyposażenie to jednak wciąż nie jest obowiązkowe<sup>1</sup> i w przypadku uczestniczenia takiego pojazdu w zdarzeniu drogowym niejednokrotnie zachodzi potrzeba sięgnięcia po inne dane niż zapisywane w EDR, w celu pozyskania informacji o prędkości i innych parametrach pojazdu w czasie zdarzenia. Do uzyskania takich informacji przydatne mogą być tzw. zamrożone ramki, czyli informacje zapisywane przez moduły pojazdu w chwili wystąpienia usterek lub stanów wykraczających poza ustalone przez producenta. Zapis zamrożonych ramek następuje jednak ze zwłoką zależną od systemu, w jakim zostały zarejestrowane, charakteru uszkodzenia czy parametrów eksploatacyjnych pojazdu. Zwłoka ta bywa trudna do oszacowania, co nastęrcza rekonstruktorom

---

**Michał Krzemiński**, Time Zero Consulting, **mgr inż. Kamil Konczerewicz**, Prokam Analizy Techniczne.

<sup>1</sup> Zgodnie z dyrektywą UE 2019/2144 od 6.07.2022 r. wypadkowe rejestratory danych są obowiązkowe we wszystkich nowych typach pojazdów, natomiast od 7.07.2024 r. będą obowiązkowe we wszystkich nowo produkowanych pojazdach.

trudności przy kwalifikowaniu informacji z zamrożonej ramki jako przydatnych bądź nieprzydatnych w procesie rekonstrukcji zdarzenia. W przypadku informacji o prędkości przyjęcie jej jako „nie mniej niż” jest zazwyczaj bezpieczne. Można jednak dokonać próby oceny zwłoki zapisu zamrożonej ramki, poprzez modelowanie procesu spadku napięcia oraz prędkości obrotowej silnika po awaryjnym wyłączeniu pojazdu. Niniejsze opracowanie jest próbą usystematyzowania wiedzy nabytej w toku analizy kilku tysięcy zapisów diagnostycznych z pojazdów uszkodzonych w wypadkach i kolizjach, jak również w wyniku analizy celowo zaaranżowanych wyłączeń w kilku modelach samochodów osobowych i dostawczych. W opracowaniu nie podejmowano problematyki innych czynników mogących mieć wpływ na wartość prędkości zapisaną w zamrożonej ramce.

## 2. Podstawowe zjawiska zachodzące w układzie elektrycznym w czasie zderzenia

Należy podkreślić, że co do zasady opisane w artykule zależności zachodzą głównie w zdarzeniach, w których nastąpiło wyzwolenie co najmniej jednego zabezpieczenia biernego (poduszki gazowe, pirotechniczne napinacze pasów bezpieczeństwa itp.), ponieważ z reguły towarzyszy im zadziałanie zabezpieczeń przeciwpożarowych, takich jak odłączenie dopływu energii elektrycznej z akumulatora do komory silnika i awaryjne zatrzymanie silnika za pomocą sygnału zderzenia (linia *Crash*). W anglojęzycznej literaturze zdarzenie tego typu określane jest jako *deployment* (zdarzenie z uruchomieniem zabezpieczeń). Obie funkcje, tj. odłączenie energii i zatrzymanie silnika, wyzwalamy są sygnałami wysyłanymi z modułu sterującego poduszkami gazowymi (ACM) za pomocą dyskretnych linii sygnałowych, względnie za pośrednictwem magistrali komunikacyjnych (CAN lub FlexRay). Na rycinie 1 pokazano przykładową zamrożoną ramkę powstałą w samochodzie Audi A4 (2009) w czasie awaryjnego wyłączenia napędu. W ramce tej zapisane zostały parametry pracy silnika (prędkość obrotowa – *RPM* i moment – *Torque*), prędkość – *Speed* i napięcie akumulatora – *Voltage*) w czasie najechania na grupę pieszych, co spowodowało wyzwolenie pirotechnicznych napinaczy pasów bezpieczeństwa.

```
18017 - Crash Shut-Down Activated
P1609 - 000 - - Intermittent
Freeze Frame:
RPM: 1932 /min
Torque: 40.0 Nm
Speed: 104.0 km/h
Load: 0.0 %
Voltage: 12.92 V
Bin. Bits: 00101011
Torque: 280.6 Nm
```

Ryc. 1. Zamrożona ramka powstała w samochodzie Audi A4 z 2009 r. w czasie awaryjnego wyłączenia silnika, odczytana za pomocą oprogramowania VCDS.

Moduł sterujący dokonuje rozpoznania sytuacji, która kwalifikuje się jako zderzenie z potrzebą wyzwolenia ochrony, a następnie uruchamia zabezpieczenia w ilości i zakresie niezbędnym do zapewnienia maksymalnej możliwej ochrony kierującego i pasażerów. Warto zaznaczyć, iż wbrew pozorom wyzwolenie pironapinaczy oraz poduszek gazowych nie następuje natychmiast. W nowych konstrukcjach procesory mikrokontrolerów posiadają już spory margines czasu, umożliwiając podjęcie optymalnej decyzji co do wdrożenia określonego zakresu ochrony. Margines ten powoduje, że występuje celowa zwłoka wyzwalań zabezpieczeń tak, aby kontakt osoby z poduszkami gazowymi odbywał się w najkorzystniejszej chwili, a zadziałanie napinaczy minimalizowało ryzyko nadmiernego przemieszczenia lub wyslizgnięcia się osoby z pasów. Sama detekcja zdarzenia również następuje ze zwłoką, ze względu na reaktywną naturę obecnie stosowanych systemów ochrony biernej. Z punktu widzenia prowadzonych rozważań autorzy uznali zwłokę detekcji za nieistotną i kwestia ta nie będzie rozwijana w dalszej części artykułu.

W pewnych sytuacjach w zdarzeniach bez wdrożenia ochrony (ang. *non-deployment*) również może dojść do zatrzymania silnika np. w wyniku mechanicznego unieruchomienia wału korbowego, uszkodzenia czujników, utraty zasilania w paliwo lub energię elektryczną. Ponieważ jednak zjawiska te nie są wyzwalone poprzez algorytmy systemów zabezpieczeń tylko poprzez zmianę stanu fizycznego pojazdu, występują trudności z ich wiarygodnym opisem i modelowaniem. Z tego względu w niniejszym opracowaniu nie skupiano się na ocenie ich następstw.

Uruchomienie pozostałych zabezpieczeń tj. odcięcie dopływu paliwa i wyłączenie silnika, ewentualnie wdrożenie innych zabezpieczeń przeciwpożarowych, takich jak otwarcie pirobezpieczników, otwarcie styczników baterii wysokonapięciowych czy wyzwolenie układu przedmuchiującego komorę silnika gazem obojętnym<sup>2</sup> nie musi, a wręcz nie może być w żaden sposób opóźniane – zabezpieczenia te aktywowane są tak wcześnie, jak to tylko możliwe po podjęciu przez mikrokontroler decyzji o wdrożeniu ochrony. Zasadne jest zatem twierdzenie, iż proces wyłączenia silnika oraz odłączania napięć sieci elektrycznej mogących stanowić potencjalne źródło zapłonu w „trójkącie pożarowym” rozpoczyna się natychmiast po wykryciu zdarzenia.

Wyłączenie jednostki napędowej realizowane jest wielodrogowo, w sposób zapewniający zatrzymanie silnika w możliwie krótkim czasie, przy minimalizacji ryzyka wypływu paliwa z uszkodzonych elementów układu paliwowego w komorze silnika. Zgodnie z materiałami producentów<sup>3</sup> funkcja ta powoduje zatrzymanie pompy paliwa w sposób unieruchamiający jej wirnik – odłączane jest zasilanie, a wyprowadzenia elektryczne zwierane są ze sobą. Ponadto, zanika impulsacja powodująca podawanie paliwa przez wtryskiwacze, a także otwierane są zawory

<sup>2</sup> Spotykane w pojazdach z czynnikiem chłodniczym R1234yf.

<sup>3</sup> Dokumentacja w systemach BMW – AOS, Mercedes – WIS, VW – erWIN.

(np. zawór regulacyjny na listwie paliwowej), co inicjuje proces wyrównania ciśnienia w układzie paliwowym za pośrednictwem przewodu powrotnego do zbiornika paliwa.

Kolejną i najważniejszą z punktu widzenia niniejszych rozważań funkcją jest odwzbudzenie, a w konsekwencji wstrzymanie wytwarzania energii elektrycznej w generatorze (alternatorze) napędzanym energią mechaniczną pobieraną z wału korbowego. Działanie to skutkuje spadkiem napięcia sieci pojazdu, gdzie początkową wartością jest napięcie ładowania akumulatora – w praktyce zawiera się ono w granicach 14,2–14,9 V z pewnymi wyjątkami, które opisano w dalszej części artykułu. Końcową wartością jest napięcie częściowo obciążonego akumulatora z uwzględnieniem tzw. ładunku powierzchniowego. Ładunek powierzchniowy (ang. *Surface Charge*) jest to stan wynikający ze skończonej prędkości konwersji siarczanu ołowiu do ołowiu i dwutlenku ołowiu na elektrodach akumulatora. Opóźnienie spadku napięcia na biegunach akumulatora ze względu na ładunek powierzchniowy powoduje skoncentrowanie akcji ładowania na powierzchni elektrod (płyt), co sztucznie podnosi napięcie mierzone na klemach akumulatora w krótkim czasie po zaniku ładowania, sięgającym kilku godzin w przypadku nieobciążonego akumulatora. Zanik wpływu ładunku powierzchniowego ustępuje po spożyciu około 1% całkowitej pojemności akumulatora. Zatem dla akumulatora o pojemności 74 Ah będzie to zużycie 0,74 Ah. Przekładając to na typową wartość prądu pobieranego przez układy elektryczne samochodu kompaktowego o średnim nasyceniu systemami elektronicznymi (ok. 20 A lub więcej) spożycie ładunku powierzchniowego i normalizacja wskazywanego na biegunach napięcia nastąpi po około 3 minutach. Jest to czas bardzo długi z punktu widzenia zaistnienia zdarzenia drogowego polegającego na zderzeniu z innym pojazdem lub obiektem. W rozważaniach zatem uwzględniono wpływ ładunku powierzchniowego, co objawia się nieco zwiększoną wartością napięcia tuż po wyłączeniu silnika (*offset*).

Na rynku pojawiły się w ostatnich latach pojazdy z systemami inteligentnego ładowania akumulatorów. Mają one za zadanie zmniejszenie obciążenia termicznego akumulatora, jak również obniżenie mocy pobieranej przez pojazd z silnika na potrzeby własne. Realizowane jest to poprzez stopniową redukcję napięcia na zaciskach alternatora do mniejszych wartości niż spotykane w pojazdach niewyposażonych w tego typu system. Z badań autorów wynika, że w dwóch takich pojazdach (Mercedes GLE W166 z 2018 r. i Ford Mondeo Mk5 z 2019 r.) napięcia po rozruchu i doładowaniu akumulatora oscylowały w granicach 13,2–13,5 V. Nie wyklucza to całkowicie tych pojazdów z rozważań, jednak wymagać to będzie wykonania szeregu pomiarów i wykreślenia krzywych spadku napięcia po wyłączeniu silnika. W tych przypadkach można spodziewać się mniejszych spadków napięcia po wyłączeniu napędu. Nadmienić należy, iż układy ładowania tego rodzaju sprawiają problemy diagnostyczne dla elektryków samochodowych o mniejszym doświadczeniu, ponieważ obniżone napięcie bywa niesłusznie diagnozowane jako

usterka układu ładowania. Na potrzeby niniejszego opracowania autorzy skoncentrowali się na tradycyjnych układach ładowania akumulatora w pojazdach.

### 3. Obiekty badań

Do celów doświadczalnych posłużono się pojazdami, które zestawiono w tabeli 1 wraz z podaniem roku produkcji, przebiegu i rodzaju silnika.

*Tabela 1. Przebadane pojazdy.*

Pojazd	Rok produkcji	Przebieg [km]	Silnik
Opel Astra K	2018	42 500	1,4 Turbo
Audi Q3 Sportback	2020	31 000	1,5 TFSI
Skoda Octavia	2019	101 000	2,0 TSI
VW Golf VI	2011	130 000	1,6 TDI
Citroen Jumper	2018	300 000	2,2 HDI

### 4. Metodyka i przyrządy wykorzystane w czasie badań

Statycznych pomiarów napięcia dokonywano za pomocą wzorcowanego miernika SANWA model PC700<sup>4</sup>. Rejestracji przebiegów napięciowych dokonywano za pomocą oscyloskopów Siglent SDS 1104X-E oraz PicoScope 2205. Punkt probierczy napięcia wyznaczano na dodatni styk pomocniczy (rozruchowy) w komorze silnika, a w przypadku jego braku – dodatni biegun akumulatora. Wyłączenie silnika realizowano za pomocą podania komendy diagnostycznej, alternatywnie poprzez przerwanie obwodu zasilania sterownika silnika, a w przypadku braku takiej możliwości (Volkswagen Golf, Citroen Jumper) poprzez wyłączenie zapłonu kluczykiem lub przyciskiem.

W trakcie wykonywania badań istotnym utrudnieniem okazało się zasilanie w badanym pojeździe urządzeń, które wymagają napięcia sieciowego (np. oscyloskop wymagający zasilania z sieci prądu przemiennego 230 V). Zastosowanie w tym celu przetwornic zasilanych z gniazda zapalniczki powodowało powstanie zakłóceń szerokopasmowych i impulsowych, które zaburzały obserwacje przebiegów. Z tego względu część pomiarów wykonano za pomocą oscyloskopu zasilanego bateryjnie.

### 5. Wyniki badań

Ustalając ramowe zależności pomiędzy czasem, który upłynął od wykrycia zdarzenia a napięciem sieci pojazdu, można dokonać próby oceny, w jakim czasie

<sup>4</sup> Nr seryjny 19015100421, świadectwo wzorcowania z dn. 30.06.2020 r., nr 00627/2020.

po komendzie wyłączenia silnika nastąpił zapis informacji w ramce zamrożonej. W konsekwencji będzie można uzyskać informację, jak bardzo oddalony w czasie jest zapis pozostałych parametrów mogących występować w ramce, tj. prędkości pojazdu czy prędkości obrotowej silnika.

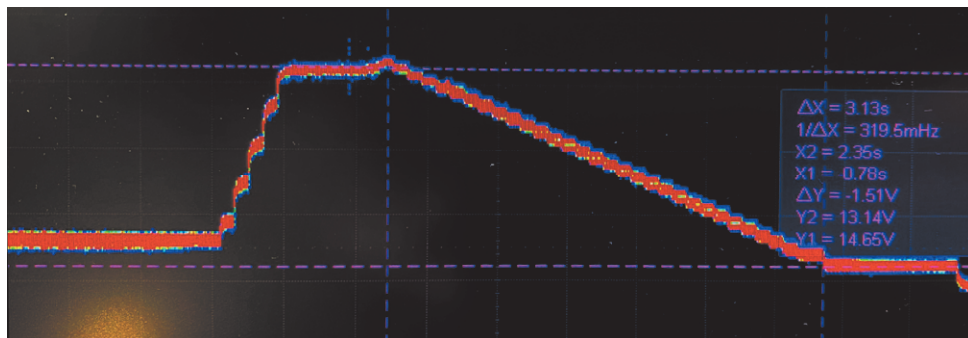
Należy zaznaczyć, iż proces zaniku prądu ładowania (a zatem początek spadkowej części krzywej zmiany napięcia) jest zależny w niewielkim stopniu od prędkości obrotowej silnika w początkowej chwili procesu wyłączania. Związane jest to z działaniem regulatora napięcia, a przebieg procesu kontrolowany jest przez odwzbudzenie alternatora tj. proces, w którym zanika pole magnetyczne wirnika (magneśnicy). Powoduje to częściowe ujednorodnienie uzyskiwanych wyników. Przeprowadzone badania zdają się potwierdzać to zjawisko, jednak należy uczynić tu zastrzeżenie, iż wskazane może być rozszerzenie badań na większą liczbę pojazdów.

Należy zaznaczyć również, iż w pojazdach, w których wyłączenia silnika nie dało zrealizować się inaczej niż poprzez wyłączenie zapłonu, można było zaobserwować anomalię w postaci chwilowego wzrostu napięcia tuż po wyłączeniu (ryc. 3 i 4). Jest to związane z odłączeniem za pośrednictwem wyłącznika zapłonu większej liczby odbiorników w sieci 12 V niż tylko silnik i pompa paliwowa.

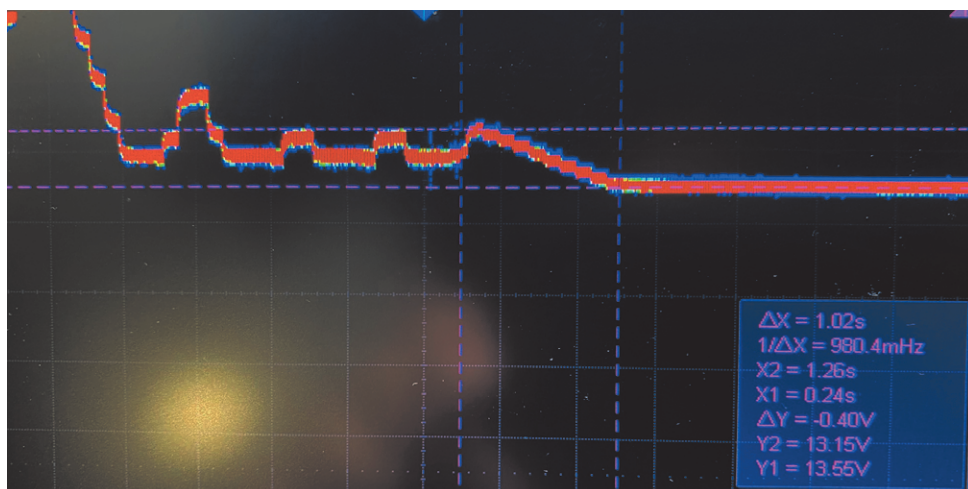
Napięcie początkowe (przed wyłączeniem) wahało się w zakresie od 13,55 V do 14,65 V. Następnie występuje odcinek krzywej opadającej (okres przejściowy) towarzyszący zanikowi ładowania, który po kilku sekundach stabilizuje się na poziomie będącym wynikiem bilansowania występujących w sieci pojazdu źródeł zasilania (po wyłączeniu tylko akumulatora) z wciąż aktywnymi odbiornikami. Dla badanych pojazdów czas obejmujący spadkową część krzywej wahał się od ok. 1 s do ponad 3 s (tabela 2). Citroen Jumper prezentował w stosunku do pozostałych zbadanych samochodów anomalię w postaci ponad 500-milisekundowej zwłoki początku przejściowej fazy wykresu napięcia.

*Tabela 2. Zestawienie wyników pomiarów w badanych pojazdach.*

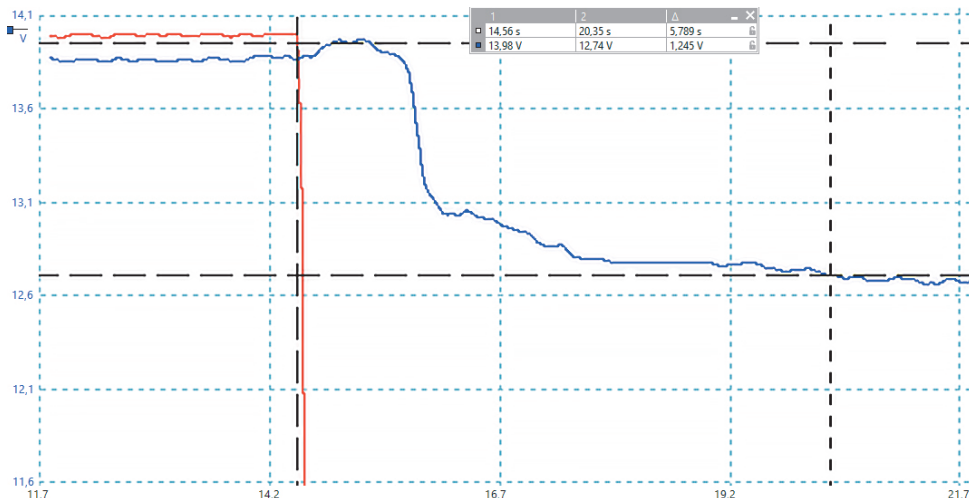
Pojazd	Napięcie początkowe [V]	Napięcie końcowe [V]	Czas stanu przejściowego [s]
Opel Astra K	14,65	13,14	3,13
Audi Q3 Sportback	13,55	13,15	1,02
Skoda Octavia	14,50	13,25	2,85
VW Golf VI	13,98	12,74	1,25
Citroen Jumper	14,44	12,81	1,62



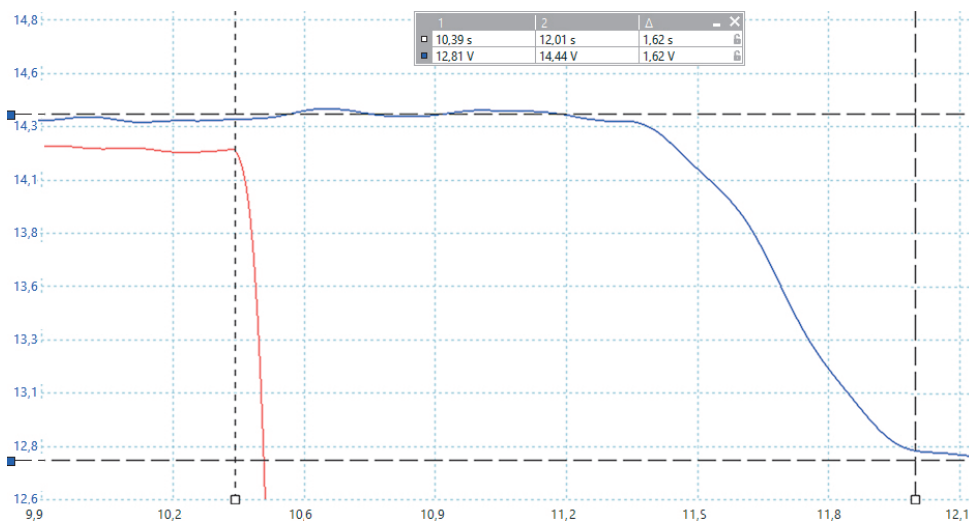
Ryc. 2. Spadek napięcia po wyłączeniu silnika w samochodzie Opel Astra K. Oś X – czas (0,5 ms/działkę), oś Y – napięcie (0,5 V/działkę). Napięcie początkowe – 14,65 V, napięcie końcowe – 13,14 V, czas spadku – 3,13 s.



Ryc. 3. Spadek napięcia po wyłączeniu silnika w samochodzie Audi Q3 Sportback. Oś X – czas (0,5 s/działkę), oś Y – napięcie (0,5 V/działkę). Napięcie początkowe – 13,55 V, napięcie końcowe – 13,15 V, czas spadku – 1,02 s. Zwraca uwagę stosunkowo niskie napięcie początkowe – samochód wyposażony jest w „inteligentny” regulator napięcia, który po całkowitym naładowaniu akumulatora redukuje napięcie, aby obniżyć prąd ładowania, a w konsekwencji obciążenie termiczne akumulatora. Co za tym idzie różnica napięcia jest mniejsza niż w pozostałych pojazdach.



Ryc. 4. Spadek napięcia po wyłączeniu silnika w samochodzie Volkswagen Golf VI. (krzywa niebieska). Kolorem czerwonym wykreślono napięcie na zacisku „plus po stacyjce”. Napięcie początkowe – 13,98 V, napięcie końcowe – 12,74 V, czas spadku napięcia – 1,25 s. Widoczny niewielki wzrost napięcia w chwili wyłączenia jest ubocznym skutkiem zastosowanej metody wyłączenia (włącznikiem zapłonu) i anomalia w postaci prawie jednosekundowej zwłoki procesu wyłączenia silnika.



Ryc. 5. Spadek napięcia po wyłączeniu silnika w samochodzie Citroen Jumper (krzywa niebieska). Kolorem czerwonym wykreślono napięcie na zacisku „plus po stacyjce”. Napięcie początkowe – 14,44 V, napięcie końcowe – 12,81 V, czas spadku napięcia – 1,62 s. W rzeczywistych warunkach autorzy spodziewają się natychmiastowego opadania krzywej po awaryjnym wyłączeniu silnika.



## 6. Podsumowanie

Badania wykazały zależność napięcia sieci pojazdu od fazy pracy silnika (praca, wybieg po wyłączeniu, zatrzymanie). Zarejestrowana w zamrożonej ramce wartość napięcia może służyć jako wskaźnik przydatności zapisów wartości prędkości do celów rekonstrukcji zdarzenia drogowego. Wartości zbliżone do roboczych napięć ładowania akumulatora należy utożsamiać z fazą ruchu tuż po wykryciu zdarzenia. W takich przypadkach przydatność zamrożonych ramek w procesie rekonstrukcji należy oceniać wysoko. Napięcia odpowiadające zarejestrowanym na krzywej zaniku efektu ładowania będą z dużym prawdopodobieństwem towarzyszyć zapisom prędkości z fazy ruchu pozderzeniowego. Prędkości pojazdu zapisane w zamrożonych ramkach wraz z napięciami równymi lub mniejszymi niż w końcowej fazie spadku po wyłączeniu (szacunkowo 12,8–13,0 V) będą oddalone od chwili wykrycia zderzenia o co najmniej 3–5 s. Napięcia równe lub mniejsze od ok. 12,5 V zapewne zapisane zostały w czasie rzędu minut, a nawet godzin po wyłączeniu silnika, a zatem nie będą miały przydatności rekonstrukcyjnej, ponieważ powstały w warunkach niezwiązanych ze zderzeniem – np. w trakcie prac ratowniczych, usuwania pojazdu z jezdni itp.

*Tabela 3. Zestawienie napięć zapisanych w zamrożonych ramkach wraz z propozycją przypisania ich do określonych faz pracy silnika.*

Napięcie w zakresie	Faza rejestracji ramki zamrożonej
Powyżej 14,9 V	Awaria alternatora lub instalacji (wynik niepewny)
13,5–14,9 V	Ramka zapisana w początkowej fazie zderzenia (przed wyłączeniem silnika)
12,7–13,5 V	Ramka zapisana w fazie wyłączania silnika (ruch pozderzeniowy do 3 s)
12,5–12,7 V	Ramka zapisana po wyłączeniu silnika (akumulator naładowany)
Poniżej 12,5 V	Ramka zapisana na postoju (akumulator rozładowany lub usterka instalacji)

Autorzy zastrzegają, iż w badaniach nie uwzględniono skutków zwarcia na wysokoprądowych gałęziach zasilających w komorze silnika. Są to najczęściej obwody zasilane przewodami o znacznych przekrojach, które zasilają odbiorniki, takie jak silnik elektrowentylatora, elektryczna przekładnia kierownicza, elektryczne dogrzewacze cieczy chłodzącej i połączenia alternatora i rozrusznika. W ciężkich zdarzeniach ze znaczną kompresją komory silnika może dojść do ich uszkodzenia i zwarcia z otaczającymi metalowymi elementami karoserii. Kazyistka mająca

oparcie w przeprowadzonych badaniach wskazuje, iż uszkodzenia mniej obciążonych obwodów elektrycznych (np. oświetlenia, aparatury czujnikowej) mają pomijalny wpływ na napięcia sieci elektrycznej pojazdu. Wystąpienie zwarć w takich obwodach najczęściej nie jest przyczyną istotnych zaburzeń w poziomach napięcia sieci zasilającej.

W przypadku wątpliwości (szczególnie jeśli wartości napięcia w zamrożonych ramkach układają się w zakresie przejściowym) wskazane jest eksperymentalne przechwycenie i wykreślenie krzywej spadku napięcia dla konkretnego pojazdu lub odpowiadającego mu modelu z taką samą jednostką napędową, celem ustalenia rzeczywistej krzywej spadku napięcia dla pojazdu uczestniczącego w zdarzeniu. Stosowne opomiarowanie pojazdu wykonać można w uproszczony sposób w ciągu kilkunastu minut, posiłkując się oscyloskopem podłączonym do zacisków akumulatora. W czasie badania warto, w miarę posiadanej wiedzy i możliwości, odzwierciedlić warunki pracy sieci samochodu, jakie istniały w trakcie zdarzenia (np. pozostawić uruchomione oświetlenie zewnętrzne dla jazdy nocnej, czy wycieraczki dla jazdy w deszczu itp.).

W pojazdach posiadających zabezpieczenie elektronicznych modułów przed odwrotnym podłączeniem biegunów zasilania<sup>5</sup> do wartości napięć zapisanych w zamrożonych ramkach należy dodać ok. 0,5 V, co odzwierciedla spadek napięcia na złączu diody prostowniczej na wejściu urządzenia. W przypadku wątpliwości warto dokonać walidacji z pomiarem i porównaniem statycznie rejestrowanych wartości napięcia. Dzięki temu zabiegowi otrzymamy rzeczywistą wartość napięcia w chwili wyłączenia silnika, którą można będzie przyporządkować do odpowiedniej fazy zderzenia.

### **Bibliografia**

1. Grupa PSA. (b.d.). Service Box. <https://service.citroen.com>
2. Herner, A. (2011). *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
3. Mazlan, R. K., Dan, R. M., Zakaria, M. Z., Abdul H. A. Hamid, A. (2016). *Experimental study on the effect of alternator speed to the car charging system*. The 2<sup>nd</sup> International Conference on Automotive Innovation and Green Vehicle (AiGEV 2016). <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179001076>
4. Stellantis N.V. (b.d.). Service Box. <https://public.servicebox.peugeot.com/doclegAP/>
5. Volkswagen Group. (b.d.). *System erWin*. <http://erwin.audi.com> <https://erwin.skoda-auto.cz/> <http://erwin.volkswagen.de>

\* \* \*

---

<sup>5</sup> Na przykład pojazdy grupy VAG wyposażone w sterowniki silnika EDC16, EDC17 i MED.

## Assessment of frozen frame recording delay on the basis of vehicle power voltage

### **Abstract**

Freeze frames are recorded at a changeable delay dependent on the system in which they were recorded, type of failure or vehicle operation parameters. This delay is sometimes difficult to assess, which makes it difficult for the reconstructionists to qualify the data from the frozen frame as useful in the process of event reconstruction. In the paper a method of assessing the recording delay of a frozen frame based on the vehicle power voltage is proposed.

### **Key words**

Freeze frames, diagnostics, recording delay, CAN, FlexRay.