

APPLICATION OF PULSE WIDTH MODULATION SIGNALS IN CARS ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS⁸

Assoc. Prof. Georgi Kadikyanov, PhD

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: +359 82 888526
E-mail: gakadikyanov@uni-ruse.bg

Prof. Rosen Ivanov, DcS

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: +359 82 888527
E-mail: rossen@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Gergana Staneva, PhD

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: +359 82 888526
E-mail: glstaneva@uni-ruse.bg

Assist. Prof. Iliyana Minkovska, PhD

Department of Engines and vehicle,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: +359 82 888526
E-mail: iminkovska@uni-ruse.bg

Abstract: *In this paper, the wide application of Pulse Width Modulation in wiring diagrams of cars electronic control systems is presented. This signal is more receptive than the electronic control unit because it can be assumed to be digitized. Pulse Width Modulation (PWM) is an analog modulation scheme in which the duration or width or time of the carrier pulse varies in proportion to the instantaneous amplitude of the message signal. The width of the pulse varies in this method, but the amplitude of the signal remains constant. Amplitude limiters are used to make the amplitude of the signal constant. Pulse Width Modulation controls various actuators or is generated by various sensors in automotive.*

Keywords: *Pulse Width Modulation, Signals, Electronic Control Systems, Wiring Diagrams.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Сигналите с широчинно-импулсна модулация намират разнообразно приложение в техническите средства: автомобилната техника, силовата електроника, звуковата техника, телекомуникациите, осветителните системи и др. Развитието на електронните системи за управление в автомобилната техника изисква прости и ефективни изпълнителни механизми. Един от лесните начини за управлението им е широчинно-импулсната модулация.

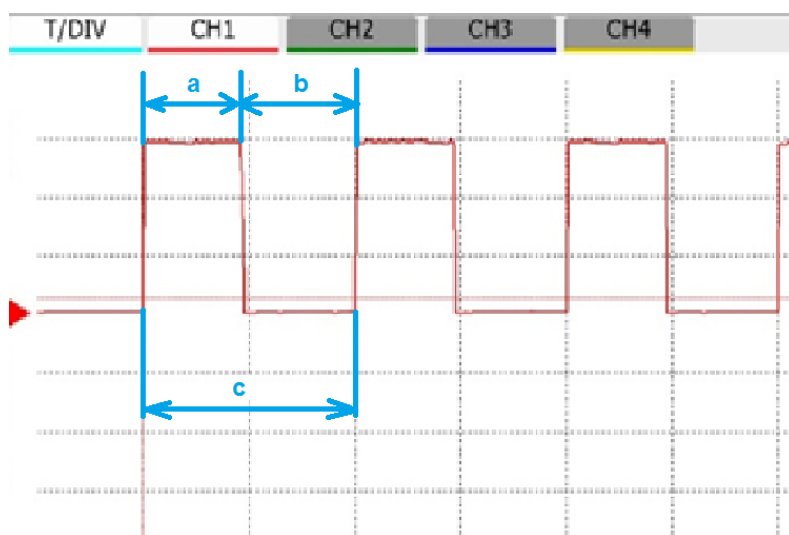
Сигналите с широчинно-импулсна модулация се оказват и лесни за разшифроване от електронните блокове за управление. Това се дължи на факта, че напрежението при тях се изменя на две нива. Ако всяко ниво на напрежението се приеме за цифров код, то този сигнал се доближава до цифровия. Поради тази причина някои от преобразувателите в

⁸ Докладът е представен на научна сесия на 27 октомври 2023 с оригинално заглавие на български език: ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИГНАЛИТЕ С ШИРОЧИННО ИМПУЛСНА МОДУЛАЦИЯ В АВТОМОБИЛНИТЕ ЕЛЕКТРОННИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ

автомобила променят аналоговия сигнал от измерваната величина в широчинно-импулсна модулация.

В електрониката модулацията е процес на промяна на едно или повече свойства в периодична форма на вълната, наречена носещ сигнал (високочестотен сигнал), с модулиращ сигнал, който обикновено съдържа информация за предаване (Koutroulis, E., Dollas, A. & Kalaitzakis, K., 2006). Модулатор в електронните системи за управление е устройство, което разделя постояннотоковото напрежение на импулси, които могат да се променят според нуждите.

Широчинно-импулсната модулация (ШИМ) е мощен метод за генериране на аналогов сигнал с помощта на цифров източник. ШИМ сигналът се състои от два основни компонента, които определят неговото поведение: работен цикъл и честота. Цикълът на запълване описва времето, през което сигналът е във високо (включено) състояние като процент от общото време, необходимо за завършване на един цикъл. Честотата определя колко бързо ШИМ завършва един цикъл (т.е. 1000 Hz биха били 1000 цикъла в секунда) и следователно колко бързо превключва между високо и ниско състояние. Чрез циклично изключване и включване на цифров сигнал с достатъчно висока скорост и с определен работен цикъл, изходът ще изглежда като аналогов сигнал с постоянно напрежение, когато захранва устройствата (Lakshmi G., Kamakshaiah, S. & Tulasi Ram Das, G., 2013).



Фиг. 1. Сигнал с широчинно-импулсна модулация: а – работен цикъл; b – време за изключено състояние; c – период

На фиг. 1 е представен сигнал с широчинно-импулсна модулация. Изходният сигнал се редува между включване и изключване в рамките на определен период, което контролира мощността, получена от устройството. Напрежението от товара е право пропорционално на напрежението на източника (Tocitu, V., Kulpe J. & Mariuzza A., 2009). Поведението при включване и изключване променя средната мощност на сигнала. ШИМ сигналът не е постоянен, основният параметър е работен цикъл “a”, който е част от периода на ШИМ и описва съотношението на времето на включено състояние спрямо периода “c” (Zhu, Z. & Howe, D. 2007).

Амплитудата и честотата ($1/c$) на управляващия сигнал ШИМ са постоянни, докато коефициентът на натоварване a/c варира. Работният цикъл по дефиниция е (процентната) част от времето, през което сигналът остава висок:

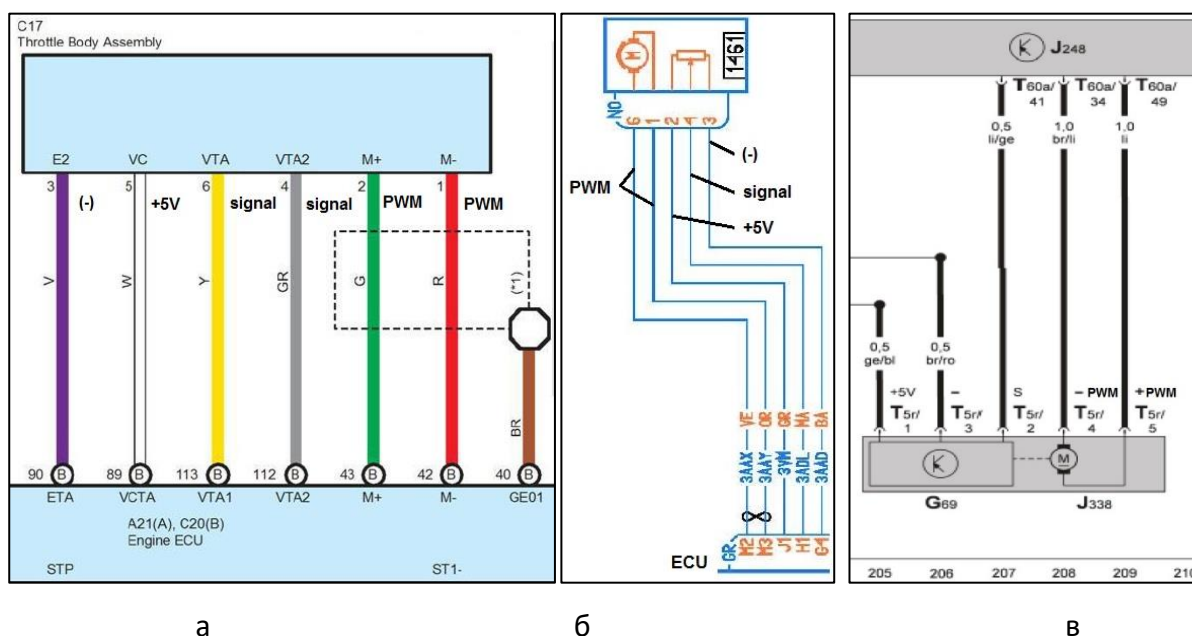
$$K = \frac{a}{c} 100\% \quad (1)$$

Целта на доклада е да се анализират особеностите при приложението на сигналите с широчинно импулсна модулация в автомобилните електронни системи за управление.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Управлението на изпълнителните механизми в автомобилните електронни системи все повече се осъществява чрез сигнали с широчинно-импулсна модуляция. Някои преобразуватели също подават информация за изменението на измерваните величини към управляващите блокове като широчинно-импулсна модуляция. Разнообразието може да се обобщи като изпълнителните механизми и преобразувателите се групират в:

- Клапани и клапи, задвижвани от електрически двигатели: конвенционални клапани и клапани за рециркулация на отработените газове с ниско налягане (EGR); дроселови клапи за дизелови и за бензинови двигатели (фиг. 2); въздушни клапи на всмукателния колектор; клапи за контрол на въздушния поток в климатични системи;
- Електродвигатели: за управление на променлива геометрия на турбокомпресори (VGT); за задвижване на горивни помпи с ниско налягане на горивото; за задвижване на помпи за охладителната система на двигателя;
- Електрическо управление на кормилния усилвател;

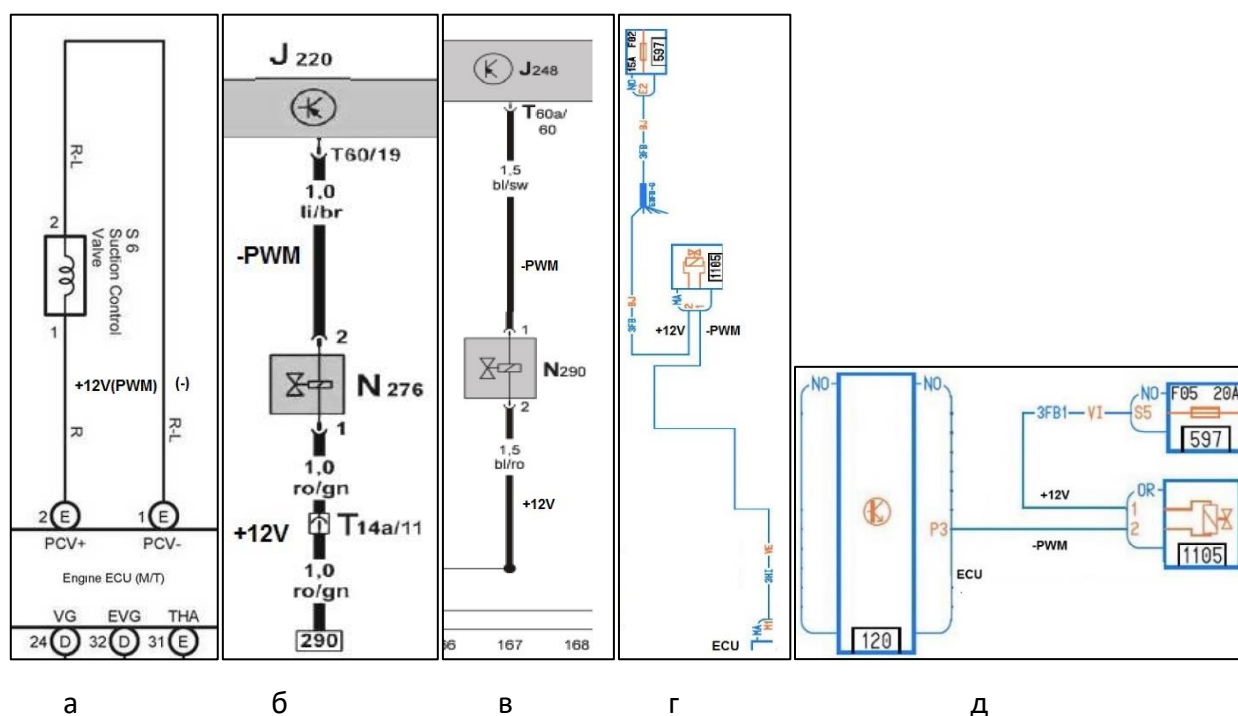


Фиг. 2. Схеми за управление на дроселна клапа с електрически двигател и преобразувател за положение: а – бензинов двигател; б, в – дизелов двигател

В тези групи изпълнителни механизми обикновено са вградени постояннотокови двигатели. Управлението им се осъществява чрез изменение на напрежението във веригата. За електронните блокове за управление е трудно да регулират напрежението във веригата във времето точно и бързо. По-лесният начин е да се използва широчинно-импулсна модуляция с висока честота. Тогава електрическият двигател реагира на осреднено напрежение в зависимост от широчината на импулса с високото ниво на напрежението.

- Пневматични клапани: електромагнитни клапани за контрол на променливата геометрия на турбокомпресора;
- Хидравлични клапани: клапани за регулиране на запълването с гориво на ГНП (фиг. 3); клапани за регулиране на налягането на горивото в горивния акумулатор в дизелов и бензинов двигател с директно впръскване (фиг. 3); клапани за регулиране на налягането на горивото в системата с допълнителна дюза за регенерация на филтъра за твърди частици; контролни клапани за регулиране на налягането на маслото в системите с променливи фази на газоразпределение;

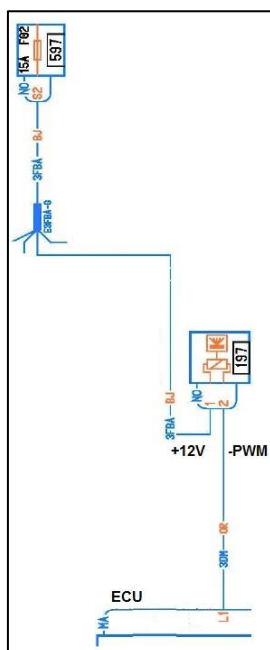
- Клапани за регулиране на налягането и дебита на компресора на климатичната система;



Фиг. 3. Схеми на клапани, регулиращи високото налягане на горивото при дизелови акумулаторни горивни системи и бензинови горивни системи с директно впръскване: а – Денсо; б, в – Бош; г, д – Дачия

Клапаните като изпълнителни механизми имат функцията на устройства, които регулират налягането и дебита на флуидите преминаващи през тях. Те са снабдени с електромагнитна бобина в която се намира котва. В зависимост от напрежението, респективно магнитното силово поле се определя положението на котвата, а от там и сечението на отвора на клапана. Управлението от електронните управляващи блокове при тях също се осъществява чрез широчинно-импулсна модулация. Такова управление влияе на част от тях като позиционира котвата в определено положение, в зависимост от широчината на импулса във високото ниво на напрежението. Друга част от клапаните реагират бързо и котвата им се премества от напълно затворено положение до напълно отворено с честотата на широчинно-импулсната модулация. В този случай процентът на високо ниво на напрежението от работния режим на сигнала определя налягането и дебита на флуида в системата след клапана.

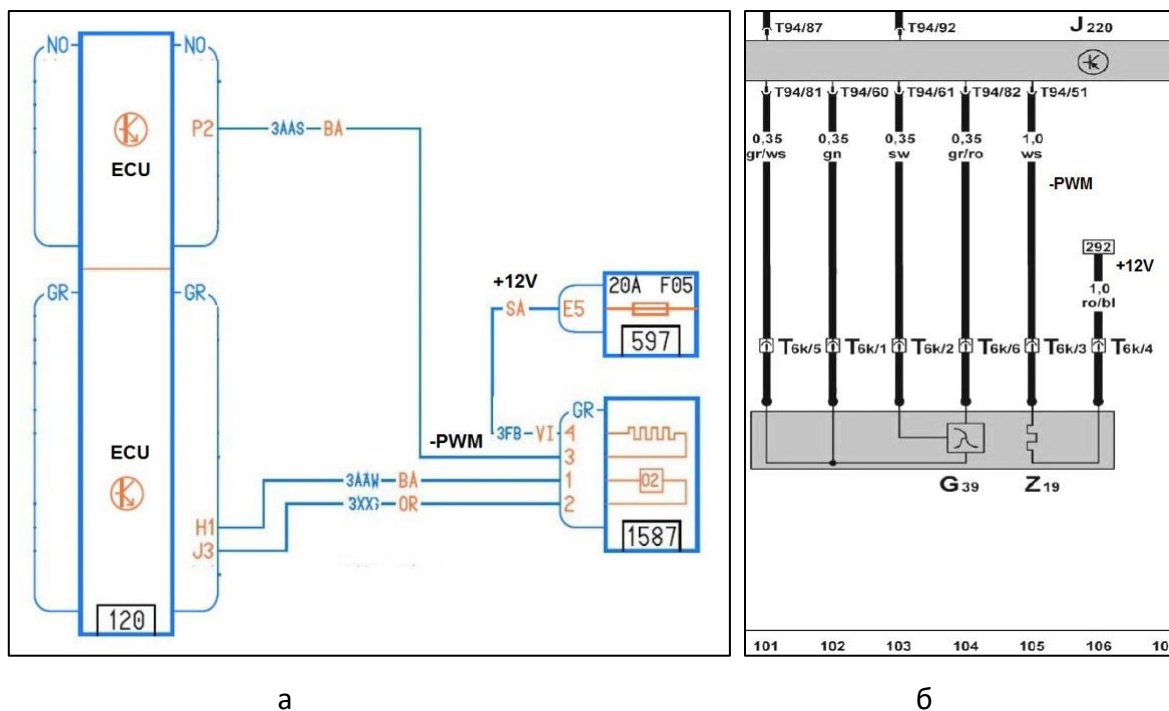
- AdBlue дюзи от селективна каталитична редуция (SCR); горивни дюзи за филтъра за твърди частици (DPF) (фиг. 4);



Фиг. 4. Схема на горивна дюза за регенерация на филтъра за твърди частици

Дюзите за впръскване на различни флуиди в автомобилната техника също се управляват с широчинно-импулсна модулация. Дебитът на разпръснатия флуид зависи от широчината на импулса. Иглата на тези дюзи вибрира с честотата на широчинно-импулсната модулация, която в случая е около 100Hz. Поради високата честота на впръскване не се забелязват пулсации на струята.

- Нагреватели за кислороден преобразувател (фиг. 5);
- Управление на подгревни свещи и др.



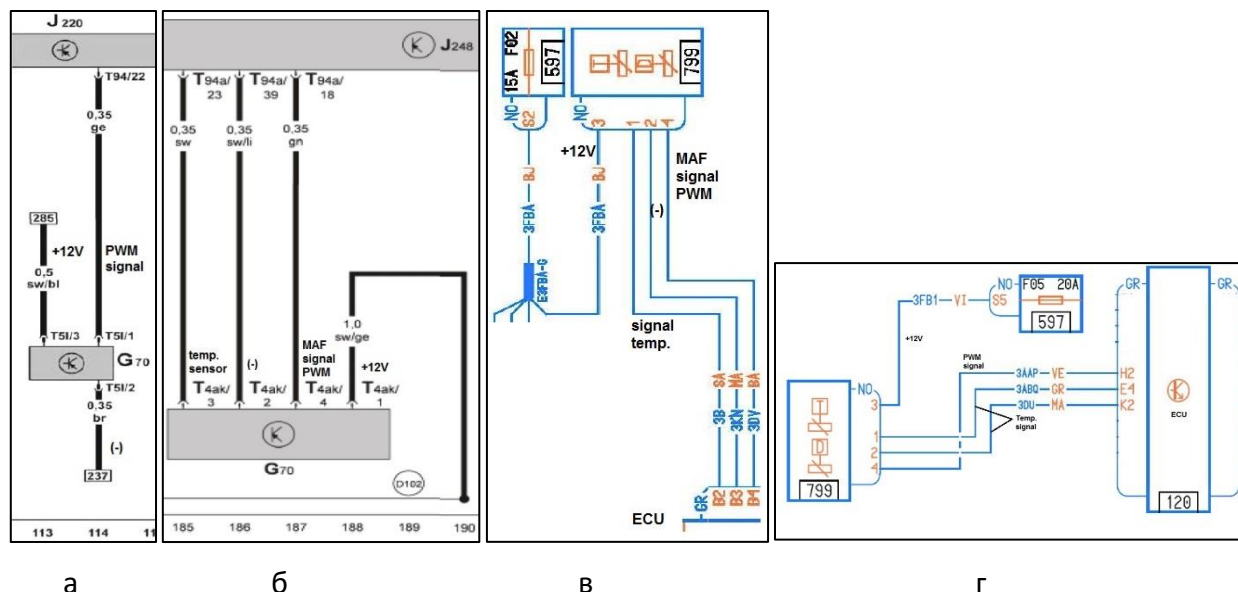
а

б

Фиг. 5. Схеми на нагреватели за кислороден преобразувател: а – Дачия; б – Бош

Управлението на температурата на бързодействени нагреватели в автомобилната техника се осъществява с широчинно-импулсна модулация. Токът във веригата се повишава, докато големината на напрежението е на високото си ниво. На нулевото ниво на напрежението токът също е нула. Това означава, че температурата на нагревателя ще се регулира от високочестотния сигнал с широчинно-импулсна модулация в зависимост от широчината на импулса.

- ШИМ се използва и като сигнал от някои преобразуватели: преобразувател за ниво в резервоара за AdBlue; преобразувател за дебит на въздуха (фиг. 6); преобразувател за налягане на горивото за бензинови двигатели; преобразувател за налягане на хладилния агент в климатичната система и др.



Фиг. 6. Схеми на преобразуватели за измерване на дебит на входящия в двигателя въздух: а, б – Бош; в, г – Дачия

Една от стъпките в развитието на преобразувателите е те да имат допълнителен електронен блок, който да генерира сигнал с широчинно-импулсна модулация. Изменението на величината като аналогов сигнал се преобразува в цифровизиран сигнал, като широчината на импулса е връзката с нейната големина. Сигналът с широчинно-импулсна модулация е възприемчив за електронния блок за управление и се оказва съвместим поради неговото цифрово кодиране.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С развитието на системите в автомобилната техника се увеличават изискванията към тях. В миналото управлението се осъществява чрез изменение на напрежението във веригата на изпълнителните механизми. Използването на широчинно-импулсната модулация като управляващ сигнал на изпълнителните механизми в електронните системи за управление се налага поради по-голямата точност и бързина на реакцията в тях. Например честотата на опресняване на сигнала достига до няколко kHz.

Друго приложение на широчинно-импулсната модулация в автомобилната техника се оказва при преобразувателите. Това е стъпка в тяхното развитие. Във веригите обикновено след първичните преобразуватели се поставят генератори на широчинно-импулсна модулация, което преобразува аналоговия сигнал в близък до цифровия. Така се улеснява възприемането му от електронния блок за управление. В съвременните автомобили започнаха да се наблюдават преобразуватели с генератори на комуникационен сигнал като K-line, CAN, Flex ray и др.

Изследванията са подкрепени по договор с фонд Научни изследвания към Русенски университет "Ангел Кънчев"

REFERENCES

Koutroulis, E., Dollas, A. & Kalaitzakis, K. (2006) High-frequency pulse width modulation implementation using FPGA and CPLD ICs. *Journal of Systems Architecture* 52, 332-344

Lakshmi G., Kamakshaiah, S. & Tulasi Ram Das, G. (2013) Closed Loop Control of Three-Level Diode Clamped Inverter Fed IPMSM with Different Modulation Techniques. *Global Journal of Researches in Engineering Electrical and Electronics Engineering*. Vol. 13, Issue 9

Tocitu, V., Kulpe J. & Mariuzza A. (2009) Pulse Width Modulation. 4447/6405 October 29th

Zhu, Z. & Howe, D. (2007) Electric Machines and Drives for Electric, Hybrid and Fuel cell Vehicles *Proceedings of IEEE*