

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СИЛЬЧЕНКО МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 681.583.2, 681.587.72

ДИСЕРТАЦІЯ

ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
МЕХАНІЧНОЮ КОРОБКОЮ ПЕРЕДАЧ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
КАТЕГОРІЇ N₃ ТА M₃

05.22.02 – автомобілі та трактори

27 Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____М.М. Сильченко

Науковий керівник Михалевич Микола Григорович,
кандидат технічних наук, доцент

Харків – 2019

АНОТАЦІЯ

Сильченко М.М. Вдосконалення електромеханічного механізму перемикання передач механічної коробки передач з автоматизованим керуванням. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.02 «Автомобілі та трактори» (274 – Автомобільний транспорт). – Харківський національний автомобільно-дорожній університет МОН України, Харків, 2019.

Дисертація присвячена покращенню експлуатаційних показників електромеханічного автоматизованого приводу перемикання передач великовантажних автомобілів та автобусів, удосконаленню конструкції виконавчого механізму приводу керування коробкою передач, оптимізації роботи алгоритму керування автоматизованим електромеханічним приводом перемикання передач.

Актуальність дисертаційної роботи визначається необхідністю вирішення науково-практичної задачі, пов'язаної з поліпшенням умов роботи водіїв великовантажних автомобілів та автобусів за рахунок вдосконалення електромеханічного приводу перемикання передач. Що в свою чергу дозволить також зменшити витрати палива, що також зменшить кількість шкідливих викидів.

Одним із шляхів поліпшення умов роботи водіїв великовантажних автомобілів та автобусів є полегшення процесу керування агрегатами трансмісії, зокрема коробкою передач. Збільшення потужності двигунів транспортних засобів та передавального ряду коробок передач призводить до підвищення зусилля на перемикання передач та періодичності цих перемикань. Для виконання існуючих нормативів, які стосуються легкості та зручності керування агрегатами трансмісії транспортних засобів, автомобільні виробники повинні використовувати у приводі перемикання передач різноманітні підсилювачі та розробляти автоматизовані системи керування.

Відсутність подібних розробок на території України призводить до використання вітчизняними автомобільними заводами продукції провідних світових виробників автомобільних компонентів, котрі в останні роки вирішують проблему зменшення зусилля на органі керування та автоматизації перемикання передач шляхом застосування різного роду сервоприводів в механічних коробках передач. Використання закордонних компонентів призводить до збільшення вартості вітчизняних транспортних засобів та зниження їх конкурентоспроможності на ринку.

Шляхом аналізу інформаційних джерел встановлено вимоги, які висуваються до приводів автоматизованого керування коробкою передач. На основі проведеного аналізу існуючих конструкцій приводів перемикання передач в механічних коробках передач зроблено висновок про доцільність подальшого вдосконалення електромеханічного приводу перемикання передач з виконавчими механізмами на базі електродвигунів постійного струму, як найбільш актуального на сьогодні для застосування у трансмісіях великовантажних автомобілів та автобусів. Основним недоліком подібних конструкцій на даний момент вбачається в недостатній універсальності розглянутих аналогів що до використання на коробках передач різного виробництва. Це, в свою чергу, негативно впливає на вартість та надійність приводу.

Для визначення експлуатаційних показників розробленого електромеханічного приводу перемикання передач було проведено серію пошукових експериментів. У якості основного параметра, що дозволяє зробити висновок про працездатність конструкції було обрано швидкодію механічної частини приводу при включенні передач та зусилля на важелі перемикання відповідно до обмежень.

За підсумками аналізу отриманих результатів для подальшого вдосконалення запропонована конструкція виконавчого механізму перемикання передач власної розробки з двома електродвигунами постійного струму. Визначено, що запропоновані нові взаємозв'язки між конструктивними

елементами механізму перемикання передач дозволяють отримати одночасно необхідну швидкодію приводу, високу точність регулювання, та забезпечують необхідне зусилля на синхронізаторі.

Головна відмінність запропонованого механізму перемикання передач від існуючих аналогів в об'єднанні зубчастої рейки вибору передачі з важелем включення, що дозволяє використовувати розроблений механізм перемикання передач як на з трьома та більше повзунів без істотних змін в конструкції механізму.

В ході експериментальних досліджень було визначено жорсткість редуктора силового електродвигуна який використовується в розробленому механізмі перемикання яка становить $29 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$. В подальшому жорсткість була врахована при математичному моделюванні роботи автоматизованого механізму перемикання передач.

Виконано математичний опис робочого процесу включення передачі автоматизованим електромеханічним механізмом перемикання передач.

Математична модель виконавчого механізму електромеханічного приводу керування коробкою передач включає: диференціальні рівняння які описують роботу електродвигуна постійного струму, а також рівняння зв'язку.

Теоретичні дослідження робочого процесу включення передачі за допомогою електромеханічного механізму керування коробкою передач дозволили визначити допустимі величини кута закрутки редуктора силового електродвигуна під час синхронізації на кожній передачі за критерієм дозволеного навантаження на синхронізатор. Уточнено залежності для визначення коефіцієнтів пропорційності які використовуються при математичному моделюванні роботи силового електродвигуна Використання змінних коефіцієнтів при моделюванні роботи електродвигуна дозволяє підвищити точність моделювання по струму до 88,5%, і швидкості обертання на 98% від паспортних даних.

По результатам дослідження визначено зони в яких необхідно регулювати струм під час роботи за допомогою керованого ШІМ – регулятора, а також визначені коефіцієнти ПД – регулятора які визначають час подачі струму при керуванні ним у режимі ШІМ. Ці коефіцієнти дорівнюють: пропорційний дорівнює 3, інтегральний – 5, диференціальний – 0,1.

В ході виконання дисертаційного дослідження розроблено експериментальний стенд для дослідження робочих процесів перемикання передач електромеханічним механізмом перемикання, описано методику отримання даних для побудови залежності переміщення коробки передач повзуна від часу, проведено порівняльний аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень робочого процесу.

У межах наукового дослідження було встановлено вплив крутильної жорсткості редуктора силового електродвигуна на робочий процес включення передач. Використовувати вплив цього явища на процес переміщення важеля перемикання при вмиканні передач пропонується шляхом вибору параметрів широтно–імпульсного керування роботою силового електродвигуна.

Швидкодія розробленого електромеханічного механізму автоматизованого перемикання передач складає 0,5 – 0,6 с., що відповідно на 10 % перевищує показники серійних конструкцій.

Новизна роботи полягає у тому, що вперше:

вперше одержано:

– залежність між силою на важелі перемикання передач та силою струму на обмотках силового електродвигуна електромеханічного механізму перемикання передач;

– визначено закон керування струмом в обмотках силового електродвигуна електромеханічного механізму перемикання передач який на відміну від раніше відомих дозволяє зменшити перевантаження синхронізатора;

- виявлено ефект, що дозволив уточнити динаміку переміщення елементів електромеханічного механізму перемикання передач при робочому процесі включення передач;

- одержаний діапазон значень жорсткості виконавчого механізму перемикання при якому скорочується час включення передач та виключаються ударні навантаження між зубцями муфт;

- визначено закон керування механізмом перемикання, що дозволяє запобігти зворот ньому руху муфти після повного включення;

удосконалено:

- метод розрахунку динаміки електромеханічного приводу шляхом застосування змінних коефіцієнтів пропорційності;

набуло подальшого розвитку:

- метод оцінки навантаженості синхронізатора шляхом використання імпульсу сили як критерія навантаження.

Робота також має практичне значення. Основні результати дисертації можуть використовуватися для модернізації існуючих та створенні нових автомобілів з автоматизованим керуванням коробкою передач.

Практична значимість результатів дисертаційної роботи підтверджується актами впровадження на ДП «Харківський автомобільний завод».

Результати роботи використовуються у навчальному процесі на автомобільному факультеті ХНАДУ в курсах: «Автомобілі і трактори. Основи конструкції», «Спеціалізований рухомий склад автомобілів і тракторів», «Теорія автоматичних систем автомобілів і тракторів». Результати досліджень використовуються при підготовці курсових, дипломних проектів і в науково–дослідній роботі студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Ключові слова: коробка передач, електромеханічний привод, перемикання передач, силовий електродвигун, процес синхронізації, жорсткість редуктора, зусилля на синхронізаторі.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Богомолів В.О. Розробка адаптивних систем керування трансмісією: монографія / В.О. Богомолів, В.І. Клименко, М.Г. Михалевич, Д.М. Леонтьєв, О.О. Ярита, М.М. Сильченко – Харків: ХНАДУ, 2018.– 192с.
2. Богомолів В. А. Анализ существующих конструкций трансмиссий/ В. А. Богомолів, В. И. Клименко, Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Випуск №27 – С. 17–21.
3. Богомолів В. А. Результаты экспериментальных исследований механизма управления коробкой передач / В. А. Богомолів, В. И. Клименко, Н. Г. Михалевич, Г. К. Кальянов, В. В. Воробьев, Н. Н. Сильченко // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Випуск №29 – С. 126–128.
4. Богомолів В. О. Моделювання робочого процесу синхронізації у десятиступінчастій коробці передач вантажного автомобіля / В. О. Богомолів, В. І. Клименко, М. Г. Михалевич, М. М. Сильченко // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Випуск №29 – С. 56–61.
5. Сильченко Н.Н. Теоретическое исследование рабочих процессов, протекающих при переключении передач/ Н. Н. Сильченко // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сборник научных трудов Випуск №8 «Безопасность дорожного движения», – Минск, БНТУ, 2016, С.493–501.
6. Михалевич Н.Г. Анализ современных тенденций в развитии конструкций автоматизированого управления агрегатами трансмиссии / Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Вісник Харківського національного автомобільно–дорожнього університету, – Х.: ХНАДУ, 2016. – Випуск №75. – С. 54 – 57.
7. Михалевич Н.Г. Теоретическое исследование рабочих процессов в механизме переключения передач./ Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко //

Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, – Х., 2017. – Випуск №1(50). – С. 88 – 91.

8. Михалевич М. Г. Усовершенствование параметров модели электродвигателя механизма переключения передач в трансмиссии автотранспортных средств./ М. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Автомобіль і Електроніка. Сучасні технології, – Х.: ХНАДУ, 2018. – Випуск №13 – С. 42–47.

9. Сильченко Н.Н. Исследование динамических процессов происходящих в электромеханическом механизме переключения передач/ Н. Н. Сильченко // Матеріали VI міжнародної науково – практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» м. Вінниця, 21 – 23 жовтня 2013 , 2013. – С. 62 – 63.

10. Сильченко М.М. Імітаційне моделювання процесів перемикання передач і дослідження законів перемикання / М.М. Сильченко // Актуальні питання розвитку, удосконалення та експлуатації озброєння та військової техніки в Національній гвардії України, 26 листопада 2015 р.: збірник тез доповідей – Харків, 2015 – С. 42.

11. Михалевич Н.Г. Теоретическое исследование рабочих процессов в механизме переключения передач / Н. Г. Михалевич, Н.Н. Сильченко // Новітні технології–для захисту повітряного простору тридцята наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба , 12–13 квітня 2017 р.: збірник тез доповідей – Харків, 2017 – С. 334.

12. Сильченко Н.Н., Михалевич Н.Г. Математическое моделирование механизма управления коробкой передач / Н. Н. Сильченко // Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті: Міжнародна науково-практична конференція присвячена 85-річчю заснування ХНАДУ, 85-річчю заснування автомобільного факультету та з нагоди Дня автомобіліста і дорожника Харківського національного автомобільно-дорожнього

університету, 15-16 жовтня 2015 р.: наукові праці. – Харків, 2015. – С. 52 – 54.

13. Пат. 93788 Україна, МПК F16H 59/00. Механізм автоматизованого перемикання передач / заявники Богомолів В. О., Клименко В. І., Михалевич М.Г. Сильченко М.М. патентовласники Богомолів В. О., Клименко В. І. – № 201405714; заявл. 27.05.2014; надр. 10.10.2014. Бюл. №19

ABSTRACT

Sylchenko M. M. Improvement of electro–mechanical gear–shift mechanism of automatic transmission. Qualifying research paper printed as manuscript.

Thesis for the Degree of Ph.D. of Engineering Sciences (Doctor of Philosophy) in 05.22.02 “Automobiles and Tractors” (274 – Automobile Transport). – Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The focus of this thesis is on the improvement of operational parameters of electro–mechanical automatic gear–shift assembly of heavy–duty trucks and buses, improvement of the design of the transmission control assembly actuator, optimization of the control algorithm of the automatic electro–mechanical gear–shift assembly.

The relevance of the thesis work is determined by the necessity of solving the applied research task connected with the improvement of the working conditions of drivers of heavy–duty trucks and buses due to the improvement of the electro–mechanical gear–shift assembly. That, in turn, will also reduce fuel consumption, which will also reduce the amount of harmful emissions.

One of the ways to improve the working conditions for drivers of heavy–duty trucks and buses is to facilitate the management of transmission assemblies, more particularly the gearbox. Increase in the power of vehicle engines and transmission gear ratios leads to increased effort for gear shifting and frequency of such shifts. For the purpose of compliance with the existing regulations concerning the ease and

convenience of managing the vehicle transmission assemblies, automotive manufacturers must use a variety of boosters in gear–shift linkage and develop automated control systems.

The absence of such developments in Ukraine results in domestic automobile factories using products of leading world manufacturers of automotive components, which in the last few years have been solving the problem of reducing the effort on the controls and automating gear–shifting by the use of various servomotors in manual transmissions. The use of foreign components leads to an increase in the cost of domestic vehicles and reduction in their competitiveness in the market.

By analyzing information sources, requirements for the automatic transmission control mechanisms have been determined. On the basis of the analysis of existing designs of gear–shift assembly in manual transmissions, it was concluded that it is expedient to further improve electro–mechanical gear–shift assemblies that include actuators based on DC motors as the most modern for use in transmissions of heavy–duty trucks and buses. The main disadvantage of such designs at the moment seems to be the lack of versatility of the considered analogues for use in transmissions of various manufacturers. This, in turn, negatively affects the cost and reliability of the assembly.

A set of search experiments was conducted to determine the operating characteristics of the developed electro–mechanical gear–shift assembly. Response time of the mechanical part during gear shifting and control force on the gear lever, according to the limitations, were chosen as the main parameters in the conclusion on the efficiency of the design.

According to the analysis of the obtained results, a design of the actuator of gear–shift mechanism with two proprietary DC motors is proposed for further improvement. It was determined that the proposed new interconnections between the structural components of the gear–shift mechanism provide means for simultaneously obtaining the required response time of the assembly, high adjustment accuracy, and provide the necessary effort on the synchronizer.

The main distinction of the proposed gear–shift mechanism from existing analogues lies in the combination of the gear selection rack with the actuating lever, which enables the use of the developed gear–shift mechanism with three or more crossheads without significant changes in the design of the mechanism.

In the course of experimental studies, the rigidity of the gear motor of the power electric motor was determined, which is used in the developed switching mechanism, which is $29 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$. In the future, stiffness was taken into account in the mathematical modeling of the work of the automated gearshift mechanism.

A mathematical formulation of the working process of the actuation of gear by automated electro–mechanical gear–shifting mechanism is performed.

The mathematical model of the actuator of the electro–mechanical gear–shift assembly includes: differential equations describing the operation of the DC motor, and the equation of connection.

Theoretical studies of the working process of transmission actuation with the help of electro–mechanical transmission control mechanism made it possible to determine the optimal gear ratio of the power motor reduction drive; permissible values of the angular twist of the power motor reduction drive during the synchronization on each gear according to the criterion of the permitted load on the synchronizer are set. Dependencies for determining the proportionality coefficients used in mathematical modelling of the power motor are specified. The use of variable coefficients in modeling the operation of an electric motor can improve the accuracy of current simulation to 88.5%, and the speed of rotation by 98% of passport data

According to the results of the study, the zones are determined where it is necessary to control the current during operation using a controlled PWM regulator, and coefficients of the PID regulator are determined which measure the current supply time during its management in PWM mode (proportional = 3, integral = 5, differential = 0.1).

In the course of the thesis research, a test bench for the study of the operation processes of switching gears using electro–mechanical switching mechanism was created, a method for obtaining data for plotting dependencies between the shift of the transmission

crosshead and time was described, and comparative analysis of the results of theoretical and experimental studies of the operation process was carried out.

Within the scientific study, the influence of torsional rigidity of the power motor reduction drive on process of actuation of transmission was established. The effect of this phenomenon on the process of moving the gear lever during the gear actuation is offered to be used by selecting the parameters of pulse–width control of the power motor.

The response time of the developed electro–mechanical mechanism of automated gear shift is 0.5 to 0.6 s, which is 10% more than the values of serial designs respectively.

The novelty of this thesis is that for the first time:

- The law of control of a gear–shift mechanism, which provides the opportunity to reduce the synchronizer overload, is defined;
- An effect is discovered, which has clarified the dynamics of the movement of elements of the gear–shift mechanism during the operation process of gear actuation;
- The range of stiffness values of the switching actuator is obtained, which reduces the time of gear actuation and eliminates shock loads between the teeth of the clutches;
- The law of control of the switching mechanism is defined, which provides an opportunity to prevent the reverse movement of the clutch after full actuation.

The thesis is also of practical importance. The main results of the thesis work can be used to modernize existing and create new cars with automated transmission control.

The practical significance of the results of the thesis is confirmed by the Acts of Implementation at PJSC “Vovchansky agregatny zavod”

The results of the work are used in the educational process at the Automobile Department of the Kharkiv National Automobile and Highway University in the courses: “Automobiles and Tractors. Fundamentals of Design”, “Specialized Rolling Stock of Cars and Tractors”, “Theory of Automatic Systems of Cars and Tractors”. Research results are used in the preparation of course papers, thesis projects and in the research work of the students of the special field 133 “Industrial Engineering”.

Keywords: transmission, electro–mechanical gear–shift assembly, power motor, synchronizer, rigidity of the gear unit, efforts on the synchronizer.

LIST OF PUBLICATIONS OF THE DEGREE–SEEKING STUDENT

Scientific papers which published the main scientific results of the thesis:

1. Bogomolov V. O. Development of adaptive control systems for transmission: monograph / V. O. Bogomolov, V. I. Klymenko, M. G. Mikhalevich, D. M. Leontiev, O. O. Yarita, M. M. Silchenko - Kharkov: KhNADU, 2018.- 192c
2. Bogomolov V. A. Analysis of the Existing Transmission Designs/ V. A. Bogomolov, V. I. Klimenko, N. G. Mikhalevich, N. N. Silchenko // Automobile transport. – Kh.: KhNADU, 2010. – Issue No. 27 – p. 17–21.
3. Bogomolov V. A. Results of Experimental Studies of the Transmission Control Mechanism / V. A. Bogomolov, V. I. Klimenko, N. G. Mikhalevich, G. K. Kalianov, V. V. Vorobiev, N. N. Silchenko // Automobile transport. – Kh. KhNADU, 2011. – Issue No. 29 – p. 126–128.
4. Bohomolov V. O. Modelling of the Process of Synchronization in the Ten–Speed Transmission of the Truck / V. O. Bohomolov, V. I. Klymenko, M. G. Mykhalevych, M. M. Sylchenko // Automobile transport. – Kh. KhNADU, 2011. – Issue No. 29 – p. 56–61
5. Sylchenko M.M.. Theoretical Study of Working Processes Occurring During the Gear Switching / N. N. Silchenko // Improvement of the Organization of Road Traffic and Passenger and Cargo Transportation: A Collection of Scientific Works According to the Results of MNPK "Road Safety", Minsk, BNTU, 2016, p. 493–501
6. Mikhalevich N. G. Analysis of Current Trends in the Development of Automated Control Systems for Transmission Assemblies / N. G. Mikhalevich, N. N. Silchenko // The Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Highway University, – Kh. KhNADU, 2016. – Issue No. 75. – p. 54 – 57.

7. Mikhalevich N. G. Theoretical Study of Operation Processes in Gear-Shift Mechanism. / N. G. Mikhalevich, N. N. Silchenko // Collection of Scientific Works of the Kharkiv National University of Air Forces. – Kh., 2017. – Issue No. 1 (50). – p. 88 – 91.

8. Mikhalevich M. G. Improvement of Parameters of the Model of Electric Motor of Gear-Shift Mechanism in the Transmissions of Vehicles. / M. G. Mikhalevich, N. N. Silchenko // Automobile and Electronics. Modern Technologies, – Kh. : KhNADU, 2018. – Issue No. 13 – p. 42–47

9. Sylchenko M.M.. Research of Dynamic Processes Occurring in Electro-Mechanical Gear-Shift Mechanism / N. N. Silchenko // Materials of the 6th International Scientific and Practical Conference "Modern Technologies and Prospects of Development of Motor Transport", Vinnytsia, October 21 – 23, 2013. – p. 62 – 63

10. Sylchenko M. M. Imitation Modelling of Gear-Shifting Processes and Study of Switching Laws / M. M. Sylchenko // Current Issues of Development, Improvement and Operation of Armaments and Military Equipment in the National Guard of Ukraine, 26 November 2015: Collection of Abstracts – Kharkiv, 2015 – p. 42.

11. Mikhalevich N. G. Theoretical Study of Work Processes in the Gear-Shift Mechanism / N. G. Mikhalevich, N. N. Silchenko // Latest Technologies for the Protection of Air Space. The 30th Scientific Conference of the Ivan Kozhedub National Air Force University, 12-13 April 2017: Collection of Abstracts – Kharkiv, 2017 – p. 334.

12. Silchenko NN, Mikhalevich N.G. Mathematical modeling of the gearbox control mechanism / N. N. Silchenko // New technologies in automobile construction and transport: The international scientific and practical conference is devoted to the 85th anniversary of the foundation of the KHNADU, the 85th anniversary of the foundation of the Automobile Faculty and on the occasion of the motorist and roadster's day of the Kharkiv National Automobile- Road University, October 15-16, 2015: Scientific works. - Kharkiv, 2015. - P. 52-54.

13. Pat. 93788 Ukraine, IPC F16H 59/00. Automated Gear-Shifting Mechanism / Applicants: Bohomolov V. O., Klymenko V. I., Mykhalevych M. G. Sylchenko M. M. Patent holders: Bohomolov V. O., Klymenko V. I. – No. 201405714; Applied 27.05.2014; Printed 10.10.2014. Bulletin No. 19.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ..... | 18 |
| ВСТУП..... | 19 |
| РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИВОДІВ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ | 26 |
| 1.1 Стан питання і завдання дослідження..... | 26 |
| 1.2 Механічні коробки передач і їх компоновальні схеми | 30 |
| 1.2.1 Механічне керування коробкою передач | 31 |
| 1.2.2 Автоматичне керування коробкою передач | 32 |
| 1.2.3 Автоматизоване керування коробкою передач..... | 33 |
| 1.3 Принципи керування ступінчастими коробками передач вантажних автомобілів і автопоїздів. | 35 |
| 1.3.1 Механізми керування з двох етапним процесом перемикання передач | 35 |
| 1.3.2 Механізм керування з одно етапним процесом перемикання передач | 40 |
| 1.4 Сучасні шляхи розвитку систем керування коробкою передач..... | 44 |
| Висновки по розділу..... | 48 |
| РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ КОРОБКОЮ ПЕРЕДАЧ | 50 |
| 2.1 Розробка конструкції дослідного зразка механізму керування механічною коробкою передач..... | 50 |
| 2.2 Розробка алгоритму роботи дослідного зразка системи керування трансмісією | 55 |
| 2.3 Стенд для проведення випробувань дослідного зразка системи керування трансмісією | 61 |
| 2.3.1 Силова частина стенду..... | 61 |
| 2.3.2 Компоновальна схема стенду..... | 62 |
| 2.3.3 Вимірювальна частина стенду | 64 |
| 2.4 Випробування дослідного зразка системи керування трансмісією | 72 |
| 2.4.1 Програма випробування дослідного зразка системи керування трансмісією | 73 |

| | |
|--|-----|
| 2.4.2 Проведення стендових випробувань системи керування коробкою передач..... | 74 |
| 2.5 Обробка отриманих результатів | 77 |
| Висновки по розділу..... | 84 |
| РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ ПРИ ПЕРЕМИКАННІ..... | 85 |
| 3.1 Основи теоретичного дослідження процесів перемикання передач..... | 85 |
| 3.2 Теоретичні дослідження процесів, що відбуваються в коробці передач | 85 |
| 3.3 Математична модель виконавчого механізму електромеханічного пристрою перемикання передач в механічній коробці передач..... | 92 |
| 3.4. Теоретичні дослідження процесів, що відбуваються в електромеханічному пристрої перемикання..... | 94 |
| 3.5 Чисельні дослідження процесів перемикання передач, що відбуваються в електромеханічному пристрої перемикання | 103 |
| 3.6 Визначення жорсткості редуктора силового електродвигуна..... | 110 |
| Висновки по розділу | 114 |
| РОЗДІЛ 4 ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ КОРОБКОЮ ПЕРЕДАЧ | 116 |
| 4.1 Опис впливу крутильної жорсткості редуктора силового електродвигуна на динамічні складові процесу перемикання передач..... | 116 |
| 4.2 Визначення режимів керування силовим електродвигуном на етапі вмикання передачі | 121 |
| 4.3 Визначення завантаженості синхронізатора | 127 |
| Висновки по розділу | 130 |
| ВИСНОВКИ | 132 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 135 |
| Додаток А. Технічні характеристики дослідного стенду. | 151 |
| Додаток Б. Алгоритми роботи МПП | 154 |
| Додаток В. Патент | 162 |
| Додаток Г. Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації | 167 |
| Додаток Д. Акт впровадження | 172 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

| | | |
|-----|---|------------------------------------|
| КП | – | Коробка передач; |
| ЕБК | – | Електронний блок керування; |
| САР | – | Система автоматичного регулювання; |
| ШІМ | – | Широтно–імпульсна модуляція; |
| ЗЗ | – | Зворотній зв'язок; |
| АЦП | – | Аналого–цифровий перетворювач; |
| АКП | | Автоматизована коробка передач; |
| ГМП | | Гідромеханічна коробка передач; |
| МКК | | Модульний керуючий контролер; |
| МПП | | Механізм перемикачів передач; |

ВСТУП

На сьогоднішній день найбільш комфортним та ефективним засобом перевезення пасажирів або транспортування вантажів є автомобіль, причому саме він вважається найбільш використовуваним наземним транспортним засобом (ТЗ) [25]. В останні роки детально окреслилася тенденція автомобілізації населення, збільшення автомобільних парків організацій. Зазначене явище, безперечно, має багато позитивних рис, але при цьому не слід забувати про такі негативні наслідки, як забруднення довкілля, збільшення кількості дорожньо–транспортних пригод (ДТП) та ускладнення міського руху.

Наразі кількість автомобілів на 1 тис. населення у великих українських містах досягла показників європейських країн [75], попри те, що розвиток транспортної інфраструктури перебуває на рівні середини 90–х років ХХ століття. Це неминуче призвело до ускладнень у русі, зниження загальної швидкості транспортного потоку.

За останні два десятиліття загальна чисельність транспортних засобів у пострадянських країнах збільшилася в декілька разів [22]. На рівні із легковими та вантажними автомобілями більшає і автобусний парк країни [74]. Так, за даними статистики [75], у 2013 році на 1000 жителів України припадало 180 транспортних засобів, у Росії цей показник складав 257 транспортних засобів на 1000 жителів. При цьому майже половина автомобілів на наших дорогах старіше 10 років (49 %), середній вік експлуатованих в Україні автомобілів складає 15 років [73].

Показники країн пострадянського простору на багато відстають від розвинених країн. Багаторічним світовим лідером у цьому напрямку, якщо не брати до уваги мікродержави та князівства, є США із показником 765 автомобілів на 1000 громадян. Серед європейських країн найвищі показники мають Італія, Франція та Австрія – близько 560 автомобілів на 1000 осіб [22]. Що ж до середнього віку автопарку, то в США він складає 11 років, у країнах Євросоюзу – 8,4 (від 3,8 у Ліхтенштейні, до 14,6 у Греції та на Кіпрі) [74].

Збільшення кількості транспортних засобів призвело до того, що умови роботи водія стали більш складними, з частими зупинками та рушенням з місця, інтенсивним перемиканням передач. Так, наприклад, водій міського автобуса за зміну перемикає передачі в коробці передач (КП) до 2000 разів [36], що надалі негативно позначається на його фізичному стані, та, як наслідок, призводить до зниження уваги.

Враховуючи викладені вище факти, особливо актуально постає питання полегшення керування коробкою передач автомобілів. Перш за все це стосується вантажних автомобілів та автобусів з задньо моторною компоновкою, оскільки перемикання передач на таких транспортних засобах потребує прикладення значного зусилля. Ця проблема вже декілька десятиліть перебуває у сфері посиленої уваги провідних автомобільних виробників. Основні шляхи її вирішення полягають у різних варіантах удосконалення приводу керування коробкою передач.

У цій дисертаційній роботі теоретично та експериментально досліджено робочий процес автоматизованого електромеханічного механізму керування механічною коробкою передач за допомогою спроектованого механізму перемикання. Проведені стендові експериментальні дослідження розробленого електромеханічного механізму перемикання передач.

Обґрунтування вибору теми дослідження. Надана дисертаційна робота стосується важливої проблеми з формування наукових основ створення автомобілів з автоматизованим керуванням коробкою передач.

Вирішення проблеми забезпечення енергетичної ефективності та підвищення динамічних властивостей автомобілів в сучасних умовах нерозривно пов'язане зі створенням автоматизовано керованих силових установок. У загальному розумінні автоматизовано керовані трансмісії – це комплекс взаємопов'язаного обладнання призначеного для автоматизованого та автоматичного керування зчепленням та коробкою передач [29, 34, 41, 43, 44]. До числа вказаних установок відносяться механізми перемикання передач з електромеханічним приводом.

Використання автоматизованих механізмів керування агрегатами трансмісії при доповненні цих систем відповідними блоками дає можливість створити повністю автоматичне керування трансмісією. Крім того автоматизовані системи керування є основою для створення автономних транспортних засобів, що на теперішній час є вкрай актуальним. Застосування автоматизованого електромеханічного механізму перемикання передач дозволяє знизити додаткове навантаження на водія при керуванні автомобілем, знизити витрати палива [39, 45]. Окрім цього, використання розробленого електромеханічного механізму перемикання передач дозволить обладнати автомобілі що знаходяться в експлуатації шляхом заміни штатного механізму перемикання.

Наявність електроприводу в механізмі перемикання дозволить відмовитися від інших видів енергії для приводу в дію механізму перемикання, та зменшити ударні навантаження на муфти синхронізаторів.

Проте в теперішній момент відсутній системний підхід проектування та розробці механізмів автоматизованого керування коробкою передач оцінювання ефективності та динамічних властивостей таких приводів перемикання, що не дає можливість здійснити отримання їх раціональних характеристик.

Виникає необхідність у вирішенні актуальної та важливої для практики наукової проблеми з розвитку та формування наукових основ вдосконалення автоматизованої системи керування коробкою передач.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота є складовою частиною досліджень Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ) та виконувалася у відповідності до:

– комплексної теми досліджень кафедри автомобілів ХНАДУ «Теоретичні основи проектування інтелектуальної автоматизованої механічної трансмісії автобусів та вантажних транспортних засобів» (№0108U001282); 2011 р.

– комплексної теми досліджень кафедри автомобілів ХНАДУ «Створення та впровадження інтелектуальної системи керування трансмісією автомобіля» (№0108U007435) 2009 р.

Особистий внесок пошукача у виконанні цих науково–дослідницьких робіт полягає у розробці, теоретичному та експериментальному дослідженні електромеханічного механізму перемикання передач в механічній коробці передач.

Мета і завдання дослідження. За *мету* дисертаційної роботи прийнято покращення умов праці водія та зменшення навантаження на синхронізатор за рахунок вдосконалення електромеханічного приводу перемикання передач шляхом вибору режиму роботи силового електродвигуна автоматизованої системи керування.

У відповідності до сформульованої мети визначимо наступні задачі:

- провести аналіз існуючих приводів перемикання передач і виявити їх недоліки;
- провести експериментальні дослідження для виявлення особливостей протікання робочих процесів в електромеханічному механізмі керування коробкою передач;
- виконати теоретичні дослідження робочих процесів з урахуванням їх особливостей протікання в електромеханічному механізмі керування коробкою передач;
- обґрунтувати параметри електромеханічного механізму перемикання передач та системи керування ним.

Об’єкт дослідження – робочі процеси в електромеханічному механізмі керування механічною коробкою передач.

Предмет дослідження – динамічні силові впливи, що виникають в процесі перемикання передач при автоматизованому керуванні механічною коробкою передач електромеханічним приводом.

Методи дослідження – для визначення стану питання і постановки задачі дослідження використовувалися методи збору, вибору та аналізу інформації; для дослідження роботи електромеханічного механізму автоматизованого перемикання передач, методи математичного моделювання та чисельні методи вирішення диференціальних рівнянь; в експериментальних дослідженнях

використовувались електричні методи виміру фізичних величин та натурні випробування в стендових умовах.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у такому:

вперше одержано:

– залежність між силою на важелі перемикавання передач та силою струму на обмотках силового електродвигуна електромеханічного механізму перемикавання передач;

– визначено закон керування струмом в обмотках силового електродвигуна електромеханічного механізму перемикавання передач, який на відміну від раніше відомих дозволяє зменшити перевантаження синхронізатора;

– виявлено ефект, що дозволив уточнити динаміку переміщення елементів електромеханічного механізму перемикавання передач при робочому процесі включення передачі;

– одержаний діапазон значень жорсткості виконавчого механізму перемикавання при якому скорочується час включення передачі та виключаються ударні навантаження між зубцями муфти;

– визначено закон керування механізмом перемикавання, що дозволяє запобігти зворотньому руху муфти після повного включення;

удосконалено:

– метод розрахунку динаміки електромеханічного приводу який відрізняється від раніше відомого застосуванням змінних коефіцієнтів пропорційності;

набуло подальшого розвитку:

– метод оцінки навантаженості синхронізатора шляхом використання імпульсу сили як критерія навантаження.

Практичне значення отриманих результатів. Основні результати дисертації можуть використовуватися для модернізації існуючих та створення нових автомобілів з автоматизованим керуванням коробкою передач.

Практична значимість результатів дисертаційної роботи підтверджується актами впровадження на ДП «Харківський автомобільний завод».

Результати роботи використовуються у навчальному процесі на автомобільному факультеті ХНАДУ в курсах: «Автомобілі і трактори. Основи конструкції», Спеціалізований рухомий склад автомобілів і тракторів», «Теорія автоматичних систем автомобілів і тракторів». Результати досліджень використовуються при підготовці курсових, дипломних проектів і в науково-дослідній роботі студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертаційної роботи одержані самостійно. У наукових роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать такі результати: аналіз існуючих конструкцій трансмісій та механізмів перемикання передач в коробках передач [31, 32, 82], визначення шляхів підвищення швидкодії виконавчого електромеханічного механізму перемикання [84]; дослідження динамічних явищ при роботі автоматизованого механізму перемикання [113]; обґрунтування вибору способу керування робочим процесом та побудова алгоритму керування автоматизованим механізмом перемикання передач [33, 114]; розроблена конструкція електромеханічного механізму перемикання передач [94]

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень оприлюднені й обговорені на таких науково-технічних і науково-методичних конференціях ХНАДУ та міжнародних наукових конференціях:

– 73 Науково–технічна та науково-методична конференція Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 18 – 22 травня 2009 р.);

– 74 Науково–технічна та науково-методична конференція Харківського національного автомобільно–дорожнього університету присвячена 80 річчю ХНАДУ (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 19 – 23 квітня 2010 р.);

– 75 Науково–технічна та науково-методична конференція Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 18 – 22 квітня 2011 р.);

- 76 Науково–технічна і науково-методична конференція Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 9 – 13 квітня 2012 р.);
- 78 науково-технічна та науково-методична конференції університету ХНАДУ (м. Харків 2014р.);
- міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 85–річчю заснування ХНАДУ та 85–річчю автомобільного факультету «Новітні технології в автомобілі будівництві та транспорті» (м. Харків, 2015 р.);
- Науково–практичній конференції «Актуальні питання розвитку, вдосконалення та експлуатації озброєння та військової техніки в Національній гвардії України» (м. Харків, Україна, НАНГУ, 26 листопада 2015 р.);
- III міжнародна науково–практична та науково–методична конференція присвячена 85–річчю кафедри автомобілів та 100–річчю з дня народження професора А.Б. Гредескула «Нові технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці спеціалістів» (м. Харків, 2016 р.);
- 30 наукова конференція Харківського національного університету повітряних сил імені Івана Кожедуба «Новітні технології – для захисту повітряного простору» (м. Харків, 2017 р.).

Публікації. Наукові положення та результати дисертаційної роботи опубліковані у 13 наукових працях: 7 публікацій у наукових фахових виданнях України, з яких (1 – у виданні іноземної держави), 1 монографія, 4 тези доповідей, 1 патент, який видано Державним департаментом інтелектуальної власності України.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 174 сторінки, обсяг основного тексту – 115 сторінок, у тому числі 79 рисунки, 13 таблиць та 5 додатків на 24 сторінках. Список використаних джерел нараховує 141 найменування на 16 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИВОДІВ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ

1.1 Стан питання і завдання дослідження

Збільшення продуктивності сучасних автотранспортних засобів і поліпшення їх паливної економічності, підвищення безпеки експлуатації нерозривно пов'язане з вирішенням проблем автоматизації керування агрегатами автомобілів і, в першу чергу, агрегатами трансмісії, а зокрема коробкою передач.

Так відомо, що чим вище робоча швидкість і складніші дорожні умови, тим більший потік інформації сприймає водій і тим частіше доводиться користуватися органами керування. Це призводить до швидкої стомлюваності водія. Він все більше запізнюється з прийняттям рішення і здійсненням керування. І після деякого часу водій може відмовитися від деяких трудомістких операцій керування, наприклад перемикання передач, внаслідок чого ефективність роботи транспортного засобу суттєво знижується [28].

Для виконання зростаючих вимог що до надійності необхідно забезпечити такі режими роботи вузлів і систем, при яких знос мінімальний. Наприклад, в коробці передач необхідно забезпечити плавне без ударне включення передач, для чого необхідно виконувати складні закони керування і точну настройку систем [60]. Це вимагає використання складних систем для керування та діагностики транспортних засобів і робить актуальною проблему розробки методів моделювання процесів, що відбуваються в системах транспортних машин, розробки за результатами моделювання законів керування і їх програмної і апаратної реалізації [53, 118].

Однак комплексне рішення задачі оптимального керування одночасно всіма процесами транспортного засобу представляє серйозні труднощі. Доцільно вирішувати її поетапно, починаючи з найбільш істотних процесів з точки зору їх ефективності та трудомісткості.

Таким чином, розробка сучасних методів розрахунку систем автоматизованого перемикачів передач для існуючих трансмісій транспортних машин є актуальним завданням.

Вперше теорія автоматичного перемикачів передач була розроблена Азйзерманом М.А. [23], а потім найбільш успішно розвивалася проф. Петровим В.А. [96, 97, 98]. У 60–ті роки автоматичне керування моторно–трансмісійної установкою виділилося в самостійну галузь інженерних знань.

Питання моделювання процесів в системах керування гідромеханічної трансмісії розглядалися в роботах Д.М. Попова, В.П. Тарасика [122], Т.М. Вежі, В.Ф. Платонова, В.Н. Прокоф'єва, Ф.А. Черпака.

Особливо відзначені роботи С.В. Абдулова, А.І. Архипова, О.І.Гіруцького [41], А.І. Гришкевич [42], А.Н. Нарбут [88], Г.О.Котієва, І.П. Ксеневіча, Б.І. Плужникова, С.А. Ринкевич, І.А. Фісенко, С.А. Харитоновна [132], Ю.І. Чередниченко, А. П. Недялков [89, 90, 91], В.А. Кусяк [67, 68, 69], О.С. Руктешель [123, 109, 110, 111].

Створення автоматизовано керованих трансмісій є актуальним завданням в сучасному автомобілебудуванні. Світові виробники трансмісій вантажних транспортних засобів йдуть по шляху автоматизації механічних коробок перебач (КП).

Використання автоматизованих механізмів керування агрегатами трансмісій при доповненні цих систем відповідними блоками дає можливість створити повністю автоматичне керування трансмісією. Крім того автоматизовані системи керування є основою для створення автономних транспортних засобів, що на теперішній час є дуже актуальним.

Створення автоматизованих КП має два напрямки:

– розробка, проектування та виготовлення КП, яка відразу оснащена автоматизованим механізмом перемикачів передач та автоматизованим приводом зчеплення, як невід'ємним компонентом цієї КП.

– розробка автоматизованого механізму перемикачів передач та оснащення цим механізмом штатної для автомобіля механічної КП.

Перший напрямок використовують в основному при виготовленні нових транспортних засобів.

Другий напрямок навпаки дозволить автоматизувати транспортні засоби, які знаходяться в експлуатації шляхом обладнання автомобіля відповідними датчиками та заміни штатного механізму перемикачів на автоматизований.

За рахунок використання автоматизованого керування КП можна дещо спростити в конструкції механічної КП. Це досягається за рахунок відмови від використання в конструкції КП синхронізаторів та заміни їх зубчастими муфтами (таблиця 1.1).

До складу як напівавтоматичної, так і автоматизованої механічної трансмісії обов'язково повинні входити виконавчі сервопристрої, що впливають на приводи перемикачів коробки передач, а для приведення їх у дію автомобіль повинен бути обладнаний тим чи іншим джерелом енергії.

При цьому бажано, щоб в якості джерела енергії сервопристрою керування трансмісією можна було використовувати вже наявні в автомобілі джерела енергії, що застосовуються для приведення в дію будь-яких інших його агрегатів.

Аналізуючи літературні джерела [46, 56, 64, 67] встановлено що на вантажних автомобілях використовують різні типи приводів механізму перемикачів:

- механічний;
- пневмо гідравлічний;
- електро гідравлічний;
- електро пневматичний;
- електро механічний;

При цьому розвиток сучасних транспортних засобів вказує на актуальність і інтерес до даної проблеми широким колом дослідників [99, 104, 107].

Таблиця 1.1 – Тенденції оснащення сучасних транспортних засобів системами автоматизованого керування КП

| Автомобіль, оснащений системою автоматизованого керування КП | Коробка передач | Кількість передач | Синхронізатори | | |
|--|-----------------|-------------------|----------------|------|----------------------|
| | | | в дільнику | в КП | в демульті-плікаторі |
| Mercedes-Benz Actros (Telligent GearshiftAutomated) | G 211 EPS (HPS) | 16 | Да | Ні | Да |
| | G 210 EPS (HPS) | 16 | | | |
| | G 240 EPS (HPS) | 16 | | | |
| | G 260 EPS (HPS) | 16 | | | |
| Volvo серій FH, FM (I-Shift, I-Sync, Volvo Geartronic) | VT2412AT | 12 | Ні | Ні | Ні |
| | VT2214B | 14 | Ні | Ні | Ні |
| | VTO2214B | 14 | Ні | Ні | Ні |
| | VT2514B | 14 | Ні | Ні | Ні |
| | VTO2514B | 14 | Ні | Ні | Ні |
| Scania R 124 (Scania Opticruise) | GRSH920 | 9 | Ні | Ні | Ні |
| | GRS 890 | 12 | Ні | | |
| | GRS 900 | 14 | Ні | | |
| | GRSO 900 | 14 | Ні | | |
| MAN TG-A (TipMatic) IVECO E 38, E47 (EuroTronic automated) Renault | ZF 12AS2301 | 12 | Ні | Ні | Ні |
| | ZF 12AS2301 | 12 | | | |
| | ZF 16AS2601 | 16 | | | |
| | ZF 16AS2601 | 16 | | | |
| Eaton Fuller Auto / UltraShift transmission | FM-14D310B-LST | 10 | - | Ні | Ні |
| | RTO-16910C-AS3 | 10 | - | | |
| | FOM-16D313E-LEP | 13 | Ні | | |
| | RTLO-16913L-DM3 | 14 | Ні | | |
| | RTO- 17316 AS2 | 16 | Ні | | |
| | RLTO-18918A-AS2 | 18 | Ні | | |

В даний час на вантажних автомобілях КамАЗ почали широко застосовувати системи керування трансмісіями зарубіжного виробництва таких фірм як ZF, засновані на пневматичних і гідравлічних приводах перемикання передач [19, 20]. А закордонні виробники, такі як VW, AUDI починають широко застосовувати гідравлічні приводи з мікропроцесорною системою керування трансмісією, що забезпечує їм великий термін служби і достатню надійність [73, 102, 116]. Тому розробка і впровадження вітчизняної автоматизованої системи керування коробкою передач вантажних транспортних засобів залишається актуальною науковою і технічною задачею.

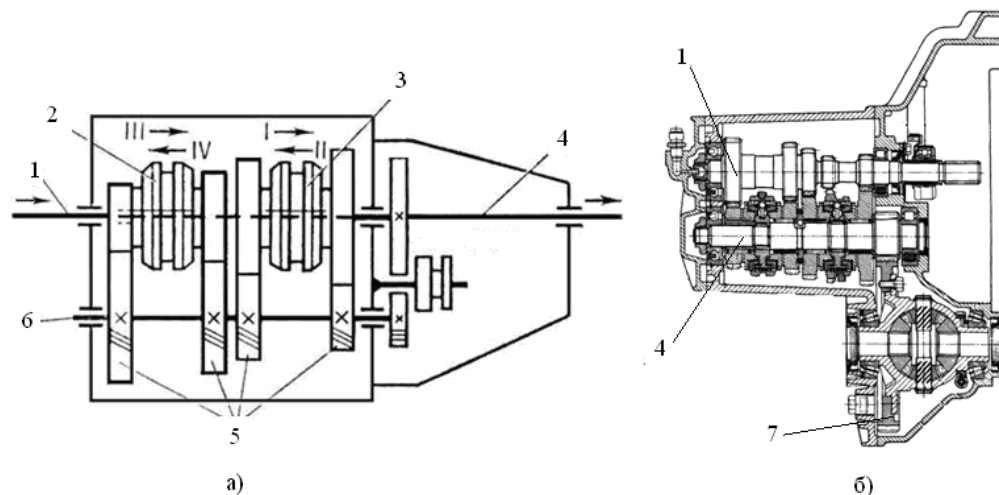
1.2 Механічні коробки передач і їх компоновальні схеми

Найбільш широкого поширення набули механічні трансмісії, що містять в своєму складі ступінчасту механічну коробку передач і фрикційне зчеплення. Керування такими агрегатами здійснюється безпосереднім впливом водія на відповідні приводні механізми.

Таке поширення механічних коробок передач у порівнянні з гідромеханічними на вантажних автомобілях та автобусах пояснюється тим, що механічні ступінчасті коробки мають ряд важливих переваг, основними з яких є:

- простота конструкції, завдяки чому досягається висока надійність і низька вартість виробництва такої КП;
- високий коефіцієнт корисної дії (ККД);
- мінімальний обсяг технічного обслуговування і простота ремонту вузлів і деталей механічної КП.

Принципові компоновальні схеми механічних ступінчастих коробок передач представлені на (рис. 1.1).



а) – трьох вальна, б) – двох вальна

1 – первичний вал, 2–3 – синхронізатори, 4 – вторинний вал, 5 – шестерні проміжного вала, 6 – проміжний вал, 7 – головна передача.

Рисунок 1.1 – Варіанти механічних ступінчастих коробок передач

Приводи керування – це пристрої, що забезпечують перемикання передач залежно від умов руху машини. Для керування коробками передач набули поширення та використовуються наступні види систем керування [80, 85, 105, 116, 132]:

- механічні;
- автоматизовані;
- автоматичні.

1.2.1 Механічне керування коробкою передач

В механізм перемикання входять важелі, повзуни, валики, фіксатори, замки, синхронізатори, зубчасті муфти. До приводу керування відносяться також різні пре селекторні пристрої [37], які зменшують час, необхідний на перемикання передач, і тим самим робить транспортний засіб більш динамічним. У коробках передач з двома ступенями свободи найбільшого поширення набув механічний привід до виконавчого механізму перемикання передач. Механічний привід може бути безпосереднім або дистанційним. У першому випадку важіль перемикання передач впливає на головки і штоки вилок перемикання безпосередньо. При дистанційному приводі цей вплив здійснюється за допомогою додаткових ланок.

Для багатоступеневих коробок передач з трьома ступенями свободи застосовується змішана система керування. Базова коробка має керування з механічним приводом, а додатковий редуктор – зазвичай преселекторное, в якому використовуються пневматичний або електропневматичний привід.

Зручність керування при механічному приводі забезпечується: раціональним розташуванням важеля перемикання; обмеженням розрахункового зусилля на рукоятці важеля, ходу і числа обраних положень важеля (числа штоків); установкою синхронізаторів. У коробці передач з двома ступенями свободи необхідну кількість штоків (вилок) визначається числом передач, включаючи передачу заднього ходу. Для 4-х і 5-ступінчатих коробок передач

необхідно мати три штока (три вилки), для 6 і 7–ступінчатих коробок – чотири. При наявності чотирьох штоків керування ускладнюється, що є одним з факторів, що обмежують можливу кількість ступенів в коробках передач з двома ступенями свободи.

Разом з тим, механічні КП з органами керування, на які безпосередньо впливає водій, не забезпечують такої ж зручності керування автомобілем, яка досягається за допомогою КП, виконаних з напівавтоматичним або повністю автоматичним керуванням.

1.2.2 Автоматичне керування коробкою передач

Автоматична коробка передач значно знижує навантаження на водія при керуванні автомобілем. В даний час найбільш широкого поширення набули планетарні гідромеханічні передачі (далі ГМП) [49, 54, 63, 132,136, 138], що дозволяють, по-перше, знизити динамічні навантаження в системі "двигун–трансмсія", за рахунок забезпечення плавності протікання перехідних процесів і, по-друге, відносно простими засобами автоматизувати процеси, пов'язані з керуванням передачею потужності від двигуна до ведучих коліс. Завдяки цьому спрощується керування автомобілем, знижується стомлюваність водія внаслідок зменшення обсягу його фізичного навантаження, створюється можливість посилення уваги до дорожньої обстановки.

Однак в гідромеханічних передачах присутні і суттєві недоліки, такі як наявність гідротрансформатора – вузла, що має низький коефіцієнт корисної дії (ККД), великими осьовими і радіальними розмірами, що вимагає використання великої кількості робочої рідини для ефективної роботи. У зв'язку з цим провідні світові виробники автоматичних коробок передач в останні роки намагаються відмовитися від використання гідротрансформаторів. І віддають перевагу розробці автоматизованих коробок передач на базі звичайних механічних КП з використанням автоматизованого перемикачів передач [2, 3, 17,18, 119].

1.2.3 Автоматизоване керування коробкою передач

До складу як напівавтоматичної, так і автоматизованої механічної трансмісії обов'язково повинні входити виконавчі сервопристрої, що впливають на приводи зчеплення і коробки передач, а для приведення їх у дію автомобіль повинен бути обладнаний тим чи іншим джерелом енергії. При цьому бажано, щоб в якості джерела енергії сервопристрої керування трансмісією можна було використовувати вже наявні в автомобілі джерела енергії, що застосовуються для приведення в дію будь-яких інших його агрегатів.

Ця умова не так важко реалізується в автоматизованих механічних КП, призначених для обладнання вантажних автомобілів середньої і великої вантажопідємності, а також автобусів. Пояснюється це тим, що в зазначених транспортних засобах зазвичай застосовується пневматичний привід гальм, і для забезпечення функціонування транспортного засобу містить пневматичну енергосистему, має в своєму складі повітряний компресор і ресивери. Дана пневматична система може бути використана і як енергоджерело для приведення в дію сервопристроїв керування КП, силові елементи яких виконані у вигляді пневматичних циліндрів з клапанними механізмами, які мають механічний або гідравлічний привід чи привід від електромагнітів [27,41]

Бортова електрична мережа легкових автомобілів – порівняно малопотужне джерело енергії, а розрідження у впускному колекторі двигунів становить десятки частки атмосферного тиску, тому застосування електромагнітних або вакуумних силових механізмів для приводу агрегатів трансмісії не завжди є оптимальним рішенням [41]. Для таких силових механізмів переважно використовувати пневматичні або гідравлічні пристрої в поєднанні з обладнанням автомобіля відповідним додатковим джерелом енергії.

Крім того, для забезпечення повністю автоматичного керування механічною трансмісією система автоматики повинна узгоджено керувати відразу трьома агрегатами автомобіля, а саме – зчепленням, коробкою передач і

системою подачі палива до двигуна. В результаті така система автоматики виявляється значно складнішою.

З цих причин у вантажних автомобілях і автопоїздах набули поширення як повністю автоматичне керування механічними трансмісіями, так і трансмісії з напівавтоматичним керуванням. До складу тих і інших обов'язково входять сервомеханізми приводу зчеплення і механічної коробки передач, а в деяких системах напівавтоматичного керування, крім того, використовуються додаткові інформаційні пристрої, що формують на спеціальному табло рекомендації по вибору режиму роботи трансмісії [41]. При цьому водій має можливість самостійно прийняти рішення, скористатися в таких дорожніх умовах отриманою рекомендацією або, в залежності від конкретних умов руху, вибрати іншу передачу.

Автоматизовані механічні трансмісії знайшли промислове застосування на вантажних автомобілях і автопоїздах, обладнаних пневматичною системою приводу гальм. Наявна пневматична система є джерелом енергії для виконавчих пневматичних приводів механізмів керування коробкою передач і регулює момент, який передається фрикційним зчепленням. Для керування цими виконавчими механізмами застосовуються клапанні пристрої з приводом від електромагнітів. Електромагніти підключаються до джерела електроживлення або відключаються від нього в залежності від команд, які виробляються електронним блоком, до якого підводяться електричні сигнали від контролера керування, який керується безпосередньо водієм.

На основі такого принципу діє система керування 12-ти ступінчастою напівавтоматичною трансмісією типу "SAMT", фірми "Eaton" (США) [41]

Наступним з варіантів виконання напівавтоматичної механічної трансмісії поєднання в ній звичайної ступінчастою механічною коробки передач і фрикційного зчеплення з гідротрансформатором, що встановлюються між валом двигуна і ведучим елементом зчеплення. Трансмісії такої конструкції за кордоном позначаються терміном "WSK", а в Україні вони отримали найменування «діапазонна передача».

Такий принцип керування використовується, наприклад, в системі типу "ZF – Семішіфт", призначеної для напівавтоматичного керування 8–ступінчастою трансмісією "WSK" фірми "Цанрадфабрік" (Німеччина) [19, 20].

Схожу конструкцію має КП розроблена фірмою MAN. Коробка передач TipMatic від MAN це автоматизована система перемикачів передач з коробкою передач ZF (AS–Tronic) [11]. КП TipMatic® використовується як для легких, так і для важких вантажних автомобілів, для руху по якісним магістралях і по бездоріжжю.[11].

1.3 Принципи керування ступінчастими коробками передач вантажних автомобілів і автопоїздів

В даний час відомі два принципи керування коробками перемикачів передач виконаних на різних матеріальних базах але при цьому всі вони в основі мають два відомих процеса перемикачів. Це система керування з двох етапним процесом перемикачів передач і система керування з одно етапна процесом перемикачів передач. Розглянемо їх окремо.

1.3.1 Механізми керування з двох етапним процесом перемикачів передач

Сучасні механізми перемикачів передач в механічних КП можна розділити по типу виконавчого механізму на двох етапні та одно етапні. Так в двох етапному механізмі процес перемикачів виконується в двома незалежними приводами. Один виконує вибір відповідного повзуну в КП переміщуючи важіль перемикачів, а інший виконує тільки включення вибраної передачі. При цьому при перемикачів на сусідній повзун КП спочатку виконується виключення передачі в нейтральне положення механізмом включення передач, потім механізм вибору перемістить важіль на вибраний повзун. Після чого механізмом включення буде переміщено важіль перемикачів та включена вибрана передача [41, 70].

В одно етапних механізмах перемикання за рахунок конструкційних особливостей відсутній додатковий приводний механізм вибору відповідного повзуна при перемиканні. Його функції реалізовані на програмному рівні в блоці керування. Розглянемо механізми перемикання які працюють на наведений принципах перемикання передач.

В останні роки все більшого поширення набувають автоматизовані системи керування механічними трансмісіями, які формують двох етапний процес перемикання передач. Під час першого етапу система керування автоматично, тобто без участі водія, а тільки на підставі сигналів, що надходять на блок системи від її датчиків, виконує всі підготовчі операції, необхідні для подальшого перемикання передач. Про завершення цих підготовчих операцій система керування інформує водія (зазвичай за допомогою сигналів на дисплеї). Але і після закінчення першого етапу команда на виконання перемикання ще не надходить, в зв'язку з чим режим руху автомобіля не змінюється.

Другий етап дії системи починається тільки після того, як водій дає дозвіл на перемикання передачі яка підготовлена в першому етапі. Для вироблення такої вирішальної команди в складі системи керування використовується електричний вимикач, що приводиться, наприклад, від педалі зчеплення або будь-якого іншого пристрою на який впливає водій.

Такий принцип керування реалізований в автоматизованій механічній трансмісії, що вже серійно випускається, з системою керування типу "CAG", яким обладнуються вантажні автомобілі і автобуси, які виробляються фірмою "Сканія" (Швеція) [6, 15].

Застосування в складі системи керування комп'ютера дозволило реалізувати в ній такі функції захисту трансмісії від неприпустимих режимів її роботи:

– заборона включення водієм передачі, при якій може неприпустимо збільшитися частота обертання валу двигуна. Якщо така небезпека в результаті помилкових дій водія виникає, то разом із заборною на перемикання система

керування формує на дисплеї номер найнижчою передачею, включення якої ще допустимо;

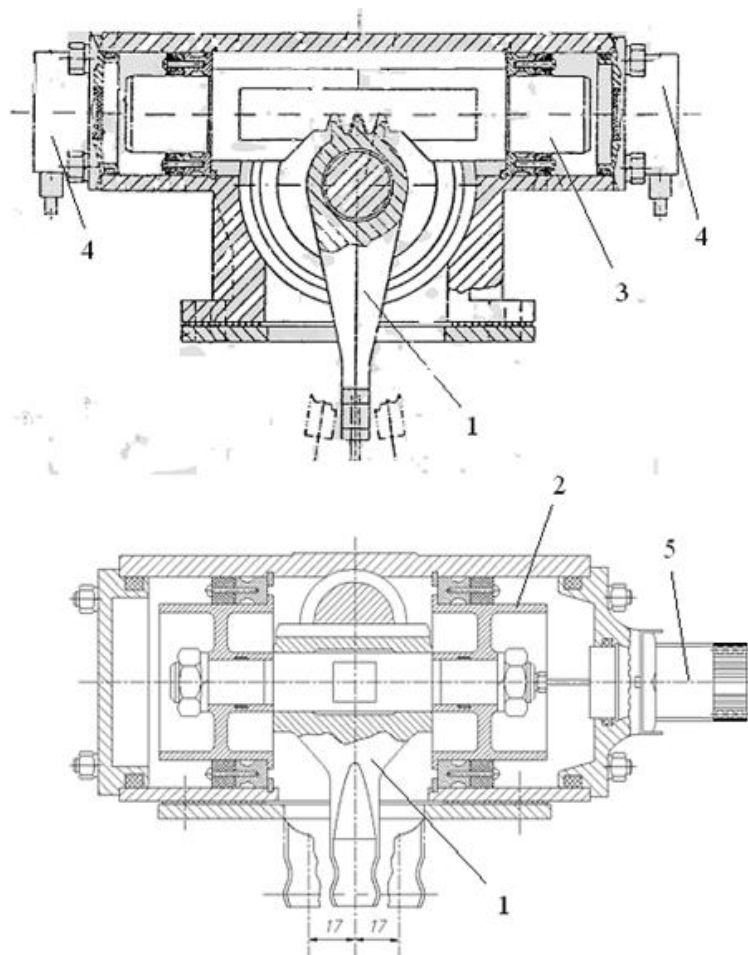
– перемикання коробки передач в нейтральне положення, якщо під час гальмування автомобіля відбувається блокування коліс або при їх пробуксовці (наприклад, при русі на слизькій дорозі). Така захисна функція зберігається до тих пір, поки не відновиться нормальний режим обертання коліс;

Електронні системи керування механічними східчастими трансмісіями отримали практичне застосування і в вантажних автомобілях виробництва фірми "Вольво" (Швеція). Такі система напівавтоматичного керування трансмісією під найменуванням "Робошіфт" і система автоматизованого керування трансмісією, іменується терміном "Гіротронік" [6, 15].

Аналогічний принцип роботи має система автоматичного перемикання передач «КОРА» [140, 141] (рис. 1.2).

Принцип роботи ЕПП наступний при натисканні водієм оператором на педаль зчеплення відбувається розмикання зчеплення і спрацьовування датчика стану зчеплення ДСЗ, контакти якого при цьому розмикаються (при наявності пневмогідропідсилювача приводу керування зчепленням датчик стану зчеплення ДСЗ спрацьовує від тиску повітря, що надходить з силового пневмоциліндру зчеплення). Сигнал про розмикання контактів датчика ДСЗ надходить на блок керування, про що говорить загоряння індикатора стану зчеплення на блоці індикації. Блок керування відповідно до сигналів кінцевих вимикачів подає напругу на електропневмо клапани (ЕПК).

При відповідних положеннях кінцевих вимикачів ЕПК подають повітря до відповідних пневмоциліндри виконавчого механізму КП, а також в пневмоциліндр механізму блокування (при включенні 2,3,4 і 5 передач). Повітря до ЕПК надходить від бортової мережі транспортного засобу через роз'єднувальний кран, фільтр магістральний і регулятор тиску.



1 – важіль перемикання передач; 2 – поршень пневматичного циліндру включення передачі; 3 – поршень пневматичного циліндру вибору передачі; 4,5 – датчики зворотного зв'язку.

Рисунок 1.2 – Система перемикання передач фірми КОРА

Інформація про стан включених передач надходить від відповідних датчиків. При відпусканні педалі зчеплення (включення зчеплення) контакти датчика ДСЗ замикаються і блок керування знімає напругу з ЕПК.

Істотним недоліком цього механізму перемикання є значне перевищення зусилля на синхронізаторі що обумовлено конструкцією механізму перемикання. А саме використання для силового приводу одного пневматичного циліндра розрахованого на перемикання найбільш навантаженої передачі. Відповідно синхронізатори інших передач де потрібне зусилля менше знаходяться під перевантаженням яке складає до 500% при мінімальному робочому тиску в пневматичній системі живлення (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Перевищення зусилля при різних тисках в системі

| Максимальні зусилля на перемикання передач, Н | Перевищення від норми, % при мінімально необхідному тиску (0,35 МПа) | Перевищення від норми, % при робочому тиску (0,7 МПа) |
|---|--|---|
| 1350 | 100 | 199 |
| 659 | 205 | 409 |
| 417 | 324 | 646 |
| 253 | 534 | 1064 |

Також закордонним аналогом, що працює за подібним принципом є система автоматичного перемикання передач, що випускається фірмою WABCO під назвою OptiDrive, а також Automated Manual Transmission [12, 61]. Система OptiDrive в своїй структурі містить крім автоматизованого механізму перемикання передач ще й механізм автоматизованого керування зчепленням автомобіля (рис 1.3).



1 – селектор вибору передач; 2 – електропневматичний механізм перемикання передач; 3 – електропневматичний підсилювач зчеплення; 4 – датчики частоти обертання;

Рисунок 1.3 – Агрегатна база системи OptiDrive від WABCO

1.3.2 Механізм керування з одноетапним процесом перемикання передач

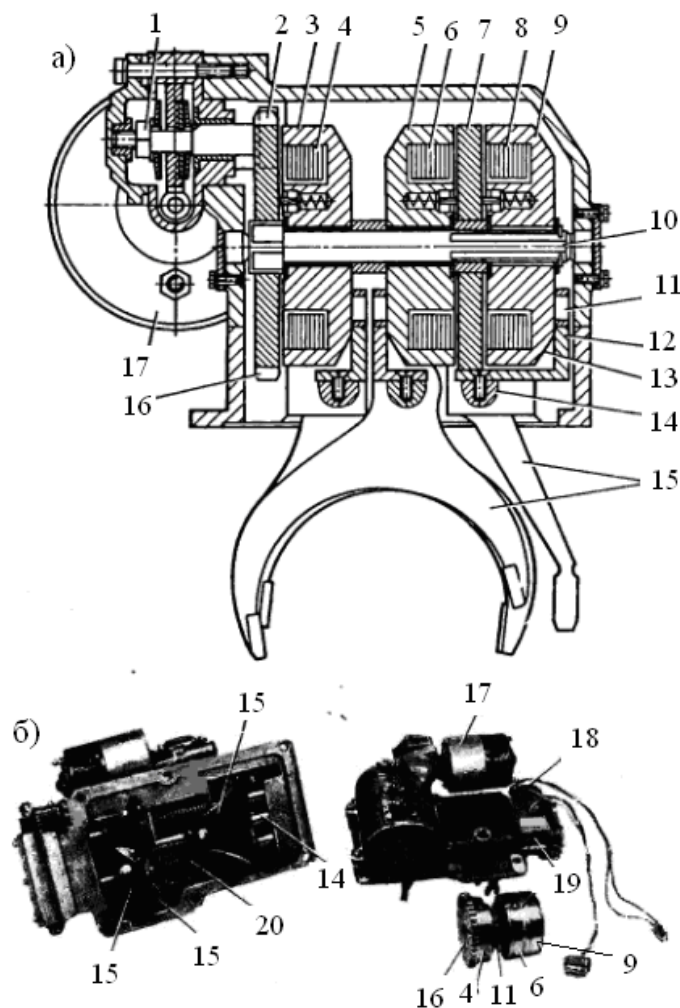
У всіх описаних вище системах перемикання передач механічних ступінчастих коробок використовувався загальноприйнятий двох етапний процес переходу з однієї передачі на іншу. При цьому процес перемикання розділяється на дві стадії: підготовчу та виконавчу.

На відміну від розглянутого вище двох етапного процесу перемикання передач в Центральному науково–дослідному автомобільному і автотранспортному інституті (НАМИ) були створені автоматизовані механізми перемикання передач засновані на принципі формування одно етапного процесу перемикання механічних ступінчастих коробок передач. Суть цього процесу полягає в тому, що спеціальний механізм перемикання передач забезпечує практичне сполучення етапів вибору і включення передач.

Застосування одно етапного процесу перемикання передач дозволяє в порівнянні з двох етапним процесом отримати наступні переваги: поєднання обох етапів прискорює процес включення передач. При одно етапному процесі не потрібно чіткого розмежування етапів вибору і включення передач, завдяки чому відпадає необхідність застосування в складі системи керування додаткових пристроїв, які контролюють закінчення процесу вибору і виробляють команду для початку дії процесу включення передач.

Для реалізації одно етапного процесу перемикання передач використовується комбінований електромагнітний і електромеханічний механізм [41]. Який монтується в штатному картері КП замість ручного приводу перемикання передач. Силовий виконавчий пристрій цього механізму (рис 1.4) це електричний двигун постійного струму 17 потужністю 50 Вт. Від цього електродвигуна через черв'ячний редуктор 1 і пару шестерень 2 та 16 приводиться в обертання ведучий вал 10 механізму, на якому шестерні 16 та диск 7 виконують функції ведучого елемента електромагнітних муфт. Ведені елементи електромагнітних муфт виконані у вигляді циліндричних корпусів – магнітопроводів 3, 5 та 9 з розміщеними в них обмотками збудження 4, 6, 8. Між

валом 10 і внутрішньою циліндричною частиною корпусів ведучий елементів встановлені немагнітні (латунні) втулки, через які центруються відомі елементи муфти. На цих втулках відомі елементи можуть повертатися щодо їх основних елементів. У корпусі муфти є 3 отвори, в яких розміщуються пружини з штовхачами, які притискаються до торців ведучих елементів муфт. Вони призначені для прискорення процесу виключення муфти після відключення його обмотки від бортової мережі. Крім того, в корпус кожної з муфт закріплені циліндричні пальці 11, який входить в відповідні отвори кожної з вильчатих пластин 12, закріплених у відповідних повзуна 14 коробки передач з встановленими на них вилках перемикачів передач 15. Крім того, на кожному з повзунів встановлена пружина 20 двосторонньої дії, призначена для переміщення повзуна в його середнє положення.



а) блок електромагнітних муфт б) зовнішній вигляд

Рисунок 1.4 – Електромеханічний механізм одноетапного перемикачів передач

Від повзунів механізму здійснюється привід двох мікропереперемикачів, перемикач 18 працює, коли всі повзунки встановлюються в середнє положення, а перемикач 19 спрацьовує, якщо будь-який з повзунів переміщається в положення, відповідне включенню тієї чи іншої передачі.

Включення передач здійснюється при одночасному підключенні до бортової мережі електродвигуна і обмотки однієї з електромагнітних муфт. Можлива і невелика затримка включення електродвигуна по відношенню до включення електромагнітної муфти (0,1–0,2 с), що дозволяє зменшити роботу буксування муфти в процесі її включення.

Після включення електродвигуна і електромагнітної муфти через її палець 11 і пластину 12 створюється зусилля на відповідному повзуні 14 коробки передач, внаслідок чого переміщається повзун разом з його вилкою 15, забезпечуючи включення передачі. Одночасно відбувається стиснення поворотної пружини повзуна передачі, що включається 20. Після того, як хоча б один з повзунів переміщається в будь-який з його крайніх положень, відповідних включенню тієї чи іншої передачі, спрацьовує мікроперемикач, внаслідок чого електродвигун відключається від бортової мережі. В результаті на повзун перестає діяти зусилля, спрямоване в бік включення передачі, а залишається тільки дія на повзун протилежно спрямоване зусилля, створюване стисненою поворотною пружиною 20 механізму. Це, однак, не приводить до вимикання передачі під впливом поворотної пружини повзуна, оскільки через електромагнітну муфту, яка залишилася включеною, зберігається механічний зв'язок між повзуном включеної передачі і валом електродвигуна, черв'ячний редуктор якого є механізмом гальмування.

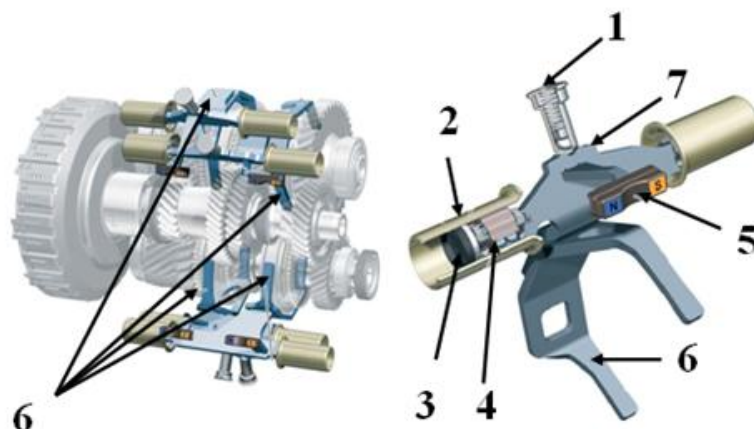
Для утримання передачі у включеному стані момент, який передається електромагнітною муфтою, може бути зменшений в 2–3 рази в порівнянні з моментом, необхідним для включення передачі. Тому після закінчення процесу включення передачі сила струму в обмотці муфти також може бути відповідно знижена.

Для повернення коробки передач в нейтральне положення необхідно крім відключення електродвигуна також відключити від бортової мережі і обмотку електромагнітної муфти, завдяки чому перерветься механічний зв'язок між повзуном включеної передачі і редуктором електродвигуна. Таким чином, для включення передач необхідно одночасно включити як електродвигун, так і електромагнітну муфту, а для виключення передачі також забезпечити їх взаємне виключення.

При обладнанні коробки передач даними механізмом перемикачів відпадає необхідність у використанні фіксаторів коробки передач, завдяки чому лунки в повзунові використовуються тільки для керування кінцевим вимикачем і вимикачем "нейтраль". Разом з тим, для запобігання одночасному включенню двох передач в коробці передач збережені її стандартні замки.

Розглянутий механізм перемикачів передач підходить для застосування, як у автоматизованому, так і в повністю автоматичному режимі керування механічною коробкою передач.

Прикладом сучасної системи з одноетапним перемикачів передач є встановлювана на легкових автомобілях VW і AUDI коробка передач DSG (рис 1.5) [102, 128].



1 – фіксатор; 2 –гідравлічний циліндр; 3 – плунжер; 4 – лінійний підшипник;
5 – магніт датчика; 6 – вилка перемикачів передач; 7 – куліса фіксатора.

Рисунок 1.5 – Електрогідравлічний механізм керування коробкою

передач DSG

1.4 Сучасні шляхи розвитку систем керування коробкою передач.

Згідно з дослідженнями [67, 89, 92, 123], проведеним ГІМ НАН Білорусі, в найближче десятиліття більше 80% інновацій в автомобілебудуванні буде пов'язано зі створенням багатофункціональних систем керування вузлами і агрегатами автотранспортних засобів. Одним з найбільш перспективних напрямків у цій галузі є розробка автоматизованої мехатронної системи керування силовим агрегатом на базі сухого фрикційного зчеплення і механічної коробки передач [7, 8, 9, 10, 16]. Автоматизація механічних ступінчастих коробок передач, що мають більш високий ККД, меншу масу і більш низьку собівартість виготовлення в порівнянні з гідромеханічною передачею відкриває нові можливості для поліпшення експлуатаційних характеристик АТЗ.

Не менш важливим є той факт, що при наявності автоматизованої системи перемикання передач істотно знижується витрата палива [65 – 67] і психофізична навантаження водія [28].

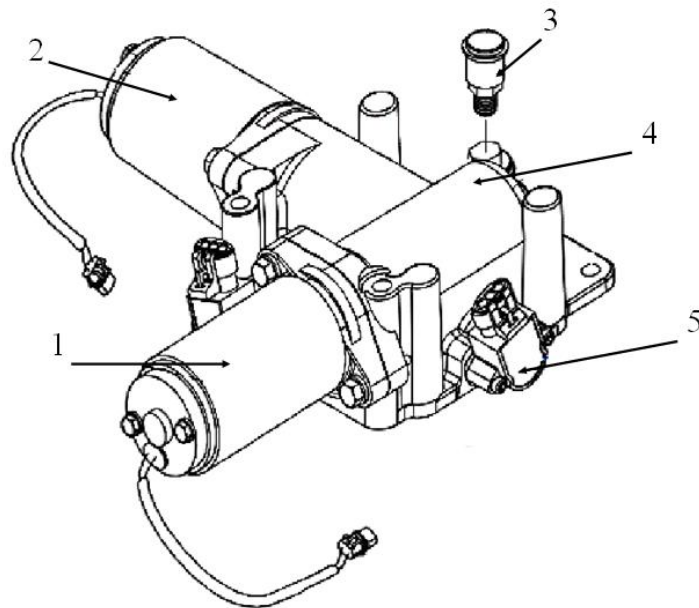
Останнім часом все більший розвиток отримують електромеханічні системи керування КП. Виконавчим механізмом, в них служить електродвигун. При цьому є системи з використанням як крокових, так і двигунів постійного струму.

Концерн Mitsubishi для своїх автомобілів розробив роботизовану коробку передач AllShift яка встановлюється на легкових автомобілях [116, 124]. Наведена коробка має електромеханічний привід перемикання передач з приводом від двох крокових електродвигунів. Перемикання передачі в даному механізмі відбувається за рахунок переміщення повзунів по фігурним канавкам на барабані. Така коробка передач має можливість як ручного перемикання передач так і роботи в автоматичному режимі. Керування КП як в ручному так і в автоматичному режимі контролюється електронним блоком керування (ЕБК).

Автоматизована система керування силовим агрегатом Eaton®Fuller®Automated Transmissions (США). Автоматизовані механічні КП виробляються концерном Eaton and Dana Corporation (США) з 1986 року. У 1994

році американськими фахівцями була розроблена перша автоматизована система перемикачів передач AutoShift. [8, 9]. Перемикачів передач повністю автоматизовано. Для вирівнювання кутових швидкостей при перемикачів передач використовується моторне гальмо, що приводиться в дію силовим пневматичним циліндром при подачі керуючого сигналу від контролера.

UltraShift Transmission – повністю автоматизована система перемикачів передач. В кабіні встановлено дві педалі: педаль керування подачею пального до двигуна і педаль гальма. Педаль зчеплення відсутня. Відмінною особливістю конструктивного виконання автоматизованої системи AutoShift Transmissions є виконавчий механізм 2 вибору і включення передач. В якості останнього використовуються два компактних електричних двигуна постійного струму, розташовані під кутом 90° один до одного (рис. 1.6).

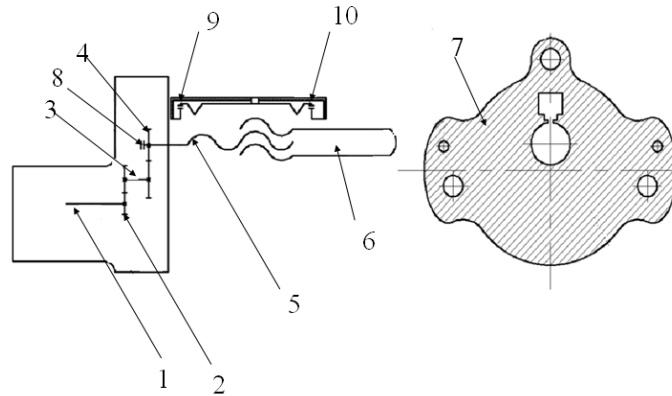


1, 2 – приводні електродвигуни; 3 – елементи кріплення; 4 – механізм перемикачів; 5 – датчик положення.

Рисунок. 1.6 – Електричний виконавчий механізм перемикачів передач КП Fuller FOM-16D313E-LEP

Для вибору штока з подальшим включенням передачі необхідно перетворення обертального руху якоря 1 (ротора) електродвигуна в поступальний переміщення важеля перемикачів 6 (рис. 1.7).

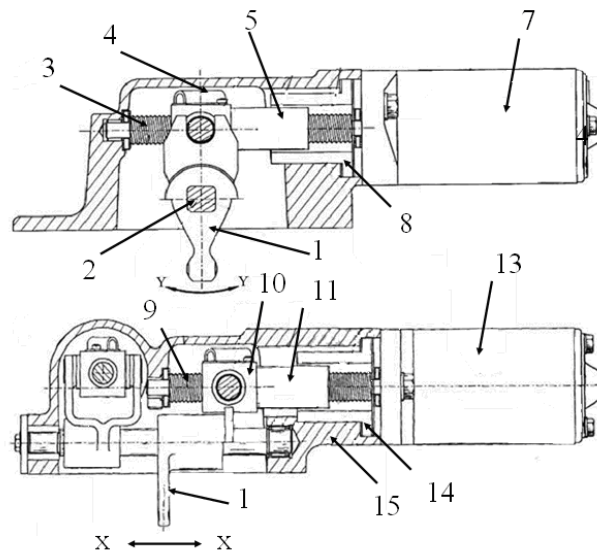
Це можливо при наявності в конструкції електродвигуна вбудованого понижуючого редуктора вального або планетарного типу з великим передавальним числом і використанні в приводі зачеплення типу «гвинт–гайка» з фіксацією одного з елементів



1 – якір електродвигуна; 2, 4 – ведуча та ведена шестерні; 3 – вал; 4 – блок–шестерня; 5 – гвинт; 6 – керуючий вал («гайка»); 7 – корпус редуктора;
8, 9, 10 – кінцеві вимикачі

Рисунок. 1.7 – Принципова схема електродвигуна з вальним редуктором

Конструкція електромеханічного виконавчого механізму перемикання передач [67] КП виробництва Eaton®Fuller® зображена на (рис. 1.8). При обертанні ротора електродвигуна 7 обертання передається на гвинт 3, що викликає осьове переміщення сферичної гайки 4. При цьому відбувається кутове переміщення вилки в протилежну сторону з поворотом направляючої 2, а, отже, і важеля 1 на деякий кут уздовж дуги Y–Y. Таким чином, здійснюється вибір одного з трьох штоків для подальшого включення повзучої / задньої передачі (позиція L / R), другої / першої (2/1) або четвертої / третьої (4/3) ступені в основний КП. Включення передачі відбувається після подачі імпульсу напруги на електродвигун 13, внаслідок чого, гайка 10, в залежності від напрямку обертання ротора (визначається полярністю напруги), поступально переміщається разом з важелем 1 і повзуном попередньо обраної передачі вправо або вліво вздовж осі X–X по направляючий 2.



а) – вибору штока КП; б) – включення передачі;

1 – важіль перемикання; 2 – направляюча важеля перемикання; 3, 9 – гвинт;
4, 10 – сферична гайка; 11 – втулка; 7, 13 – електродвигуни вибору і включення
передачі; 8, 14 – електричні котушки

Рисунок. 1.8 – Електричний виконавчий механізм КП Eaton®Fuller®

Для фіксації моменту позиціонування важеля 1 в одному з вищеописаних положень використовується безконтактний датчик переміщення індуктивного типу. Основними елементами датчика є котушка 8 (14), вбудована в корпус механізму перемикання і розташована на одній осі з ротором електродвигуна; феромагнітною серцевиною, що представляє собою праву частину металевого гвинта 3 (9), що знаходиться в котушці, та алюмінієва втулка 5 (11), що переміщається уздовж гвинта 3 (9) разом зі сферичною гайкою 4 (10). Відомо, що величина падіння напруги в обмотках при короткочасному знеструмленні котушки прямо пропорційна довжині феромагнітного сердечника, що знаходиться в поточний момент часу всередині котушки [67].

Переваги електромеханічного механізму перемикання передач в порівнянні з електропневматичними аналогами поршневого типу (ZF, МЗКТ, Mercedes, Volvo, КОРА):

– точність керування і швидкодія, обумовлені відсутністю зони нечутливості;

- наявність одного джерела енергії;
- можливість застосування в механізмах з кількістю штоків повзунів більше трьох;
- відпадає необхідність підбору перетину дроселів на вході та виході та установці гідравлічних демпферів для зменшення ударів після включення.

До недоліків такого виконавчого механізму слід віднести:

- необхідність герметизації електродвигунів;
- наявність щіткового вузла у двигунів постійного струму;
- можливість перегріву електродвигуна.

Згадані вище системи з пневматичним виконавчим пристроєм мають істотний недолік, а саме висока складність регулювання зусилля при перемиканні передач. Перевищення нормованих зусиль призводить до підвищеного зносу фрикційних кілець синхронізатора і передчасного виходу його з роботи. Для вирішення цих задач треба використовувати для кожної передачі свій пневматичний циліндр що значно ускладнює конструкцію. Натомість механізми з електричним виконавчим механізмом (електродвигуни, електромагніти) мають достатньо простий принцип регулювання по зусиллю.

Висновки по розділу

1 – Проаналізовані існуючі конструкції механізмів перемикання передач і їх використання на різних КП. Описано властиві їм недоліки та переваги, на підставі чого була обрана конструкція розробленого механізму автоматизованого перемикання передач механічної КП. Були сформовані основні вимоги до автоматизованого механізму перемикання передач в механічній КП.

2 – Механічні системи перемикання використовують тільки при ручному керуванні. Електрогідравлічні приводи придатні для використання як на легкових так і на вантажних транспортних засобах, але потребують для своєї роботи наявності двох систем живлення.

3 – В результаті аналізу існуючих приводів перемикання передач виявлено:

- що використання електропневматичного механізму керування 5–ти ступеневою коробкою передач на транспортних засобах категорії N_3 та M_3 призводить до перевантаження синхронізаторів 3, 4 та 5 передачі на 205%, 324%, 534% відповідно;

- складність регулювання тиску в силовому циліндрі електропневматичного механізму перемикання та швидкоплинність переміщення важеля після синхронізації може призвести до виникнення ударних навантажень;

- електропневматичний механізм має додаткове джерело живлення в вигляді стиснутого повітря;

- проаналізовані конструкції електропневматичного механізму перемикання базуються на три позиційних пневматичних циліндрах, що обмежує їх використання на коробках передач які мають не більше трьох повзунів.

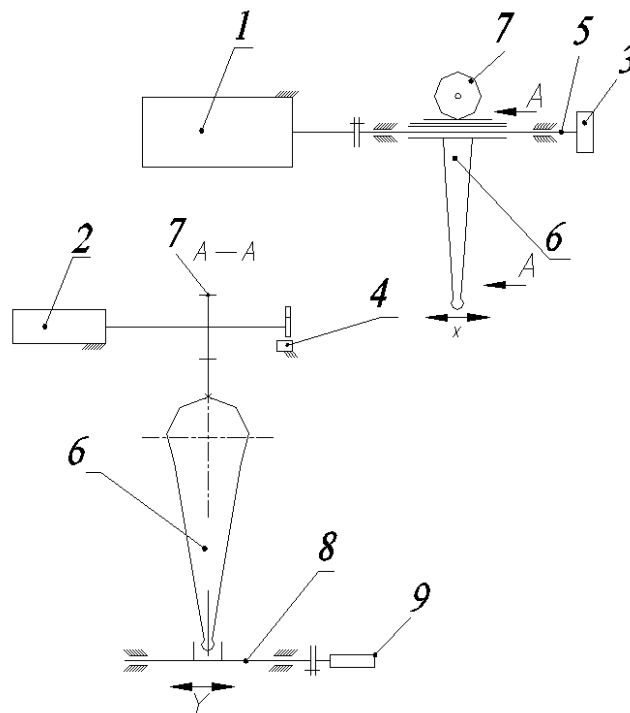
Основні положення дослідження опубліковані в наступних публікаціях [31, 82,].

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ КОРОБКОЮ ПЕРЕДАЧ

2.1 Розробка конструкції дослідного зразка механізму керування механічною коробкою передач

На кафедрі Автомобілів ХНАДУ була розроблена схема електромеханічного механізму перемикання передач для автоматизованої механічної КП (рис 2.1), на базі двох мотор – редукторів постійного струму. З одним силовим електродвигуном, який виконує включення передачі, і селекторним який виконує вибір необхідного повзуна.



1 – силовий електродвигун, 2 – селекторний електродвигун, 3 – датчик включення передачі, 4 – датчик вибору повзуна, 5 – вал механізму перемикання, 6 – важіль перемикання передач, 7 – шестерня селекторного електродвигуна, 8 – повзун КП, 9 – датчик переміщення повзуна КП

Рисунок 2.1 – Механізм перемикання передач розроблений ХНАДУ

Істотною перевагою розробленої системи є [31]:

- використання тільки одного виду енергії (електричної) що значно спрощує конструкцію;
- можливість використовувати систему перемикачів на штатній КП з мінімальними доробками останньої;
- можливість ручного дублювання механізму перемикачів.

Також позитивною стороною розробленого автоматизованого керування ступінчастими коробками передач є, орієнтація на освоєні виробництвом коробки передач, отже автоматизованим керуванням можуть бути обладнані як нові коробки передач так і ті що знаходяться в експлуатації.

Було сформульовано наступні основні вимоги до автоматизованого механізму перемикачів передач в механічній коробці передач. Вибір штока і включення передачі в основний КП повинен здійснювати виконавчий механізм безпосередньо інтегрований в кришку КП або встановлюваний безпосередньо на штоки КП. Виконавчий механізм повинен забезпечувати установку нейтрального положення і перемикачів передач як в прямому, так і в зворотному порядку (в тому числі через одну або кілька ступенів) по командам електронного блоку. Для ідентифікації номера включеної передачі і визначення включеного положення дільника виконавчі механізми основної та додаткової КП повинні бути оснащені датчиками положення або кінцевими вимикачами [21, 77, 78, 79, 101, 125, 127, 129, 130, 131].

Вимоги до органів керування. Зусилля на рукоятці селектора режимів руху для його переміщення в будь-яке положення, включаючи крайнє бічне, має бути не більше 15–25 Н [42, 117]. Селектор повинен бути обладнаний запірним пристроєм, що виключає випадкове переміщення рукоятки в іншу позицію. Важіль селектора при перемикачів ступенів в командному режимі повинен фіксуватися в вибраному положенні після припинення впливу на нього, інші органи керування є перемикачі контактної типу і кнопки на їх основі.

Вимоги до електронного блоку. Напруга живлення ЕБК повинна знаходитися в межах можливості бортової мережі автомобіля (12 або 28 В).

Сучасні інформаційно–керуючі системи, що мають модульну структуру будови [67, 90], повинні забезпечувати реалізацію складних алгоритмів керування, моніторинг процесів в реальному масштабі часу, перерозподіл інформаційних потоків в разі виходу з ладу основної комунікаційної лінії (шини), а також мати можливість інтеграції в локальну електронну мережу транспортного засобу [29, 67]. Частотні датчики повинні встановлюватися навпроти зубчастих вінців маховика колінчастого вала двигуна, шестерень проміжного і вихідного валів КП, мати прямокутну форму імпульсного сигналу амплітудою рівної напрузі бортової мережі транспортного засобу при проходженні його поблизу чутливого елемента (зуба). Датчики повинні забезпечувати частотний діапазон від 0 до 500 Гц. Датчики положень повинні забезпечувати весь діапазон змін положень з похибкою не більше 1%. Напруга живлення, по можливості 5 В. Датчики визначення кінцевих положень, по можливості, з використанням безконтактної технології з видачею сигналу прямокутної форми амплітудою рівної напрузі бортової мережі транспортного засобу.

На основі цієї схеми було спроектовано [26, 103] (рис. 2.2) та виготовлено дослідний зразок механізму автоматизованого перемикання передач в механічній коробці передач на конструкцію якого було отримано патент [94] (Додаток В), механізм було встановлено на дослідній коробці передач (рис. 2.3).

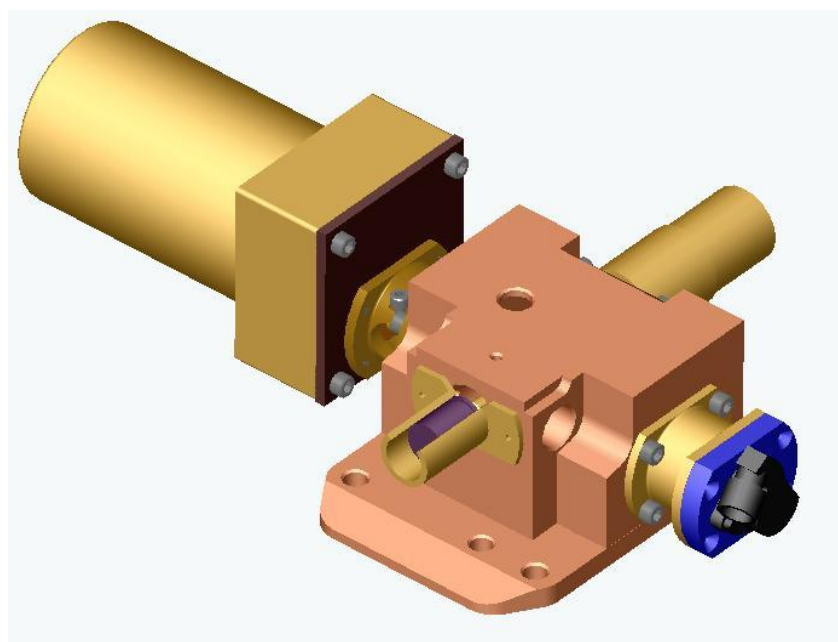


Рисунок 2.2 – Спроекований механізм автоматизованого перемикання передач



Рисунок 2.3 – Дослідний механізм автоматизованого перемикання передач змонтований на коробці передач

Розроблений механізм автоматизованого перемикання передач складається з двох електродвигунів постійного струму які мають наступні характеристики приведені в таблиці (2.1).

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики електродвигунів

| Тип | Напруга живлення В | Частота обертання без навантаження с-1 | Сила струму без навантаження А | Частота обертання с-1 | Крутний момент Н·м | Потужність Вт | Робочий струм А | Пусковий струм А | Передавальне число редуктора |
|----------------|--------------------|--|--------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| 90JB200K/83125 | 24 | 3000 | 1,15 | 2500 | 0,29 | 77 | 4,6 | 20 | 100 |
| 36JX10K/3540 | 24 | 4000 | 0,055 | 3000 | 0,0098 | 3,1 | 0,24 | | 71 |

При виборі силового електродвигуна на етапі проектуванні за основу було вибрано максимальні зусилля необхідні для включення передач відповідно до даних заводу виробника які приведені в таблиці (2.2)

Таблиця 2.2 – Зусилля при включенні передач в коробці КамАЗ 142

| № передачі | Максимальні зусилля на перемикання передач Н |
|------------|--|
| II | 1350 |
| III | 659 |
| IV | 417 |
| V | 253 |

Як видно з таблиці 2.2 найбільше зусилля необхідне для включення II передачі. Відповідно до цього можна визначити який саме крутний момент повинен мати силовий електродвигун який відповідає за включення передачі при довжині важеля перемикання $L_v=0,072\text{м}$ (відповідно до компоувальної схеми) отримані результати були зведені до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Крутний момент на валу важеля перемикання для включення відповідних передач

| № передачі | Максимальні зусилля на перемикання передач Н. | Крутний момент необхідний для перемикання передачі Н·м ($L_v=0,072\text{м}$) |
|------------|---|--|
| II | 1350 | 97,2 |
| III | 659 | 47,44 |
| IV | 417 | 30,02 |
| V | 253 | 18,21 |

Із приведеного видно що для включення II передачі потрібен досить високий крутний момент, а це в свою чергу обумовлює використання мотор-редуктора в приводі.

2.2 Розробка алгоритму роботи дослідного зразка системи керування трансмісією

Функціонування механічної КП автомобіля в автоматизованому режимі полягає в переміщенні важеля механізму перемикання передач (МПП) при реалізації процесу перемикання передач за допомогою будь-якого приводу. У нашому випадку роль такого приводу виконує електричний двигун постійного струму (рис 2.4)



Рисунок 2.4 – Схема системи керування

При цьому траєкторія переміщення важеля МПП визначається, з одного боку його поточним положенням, тобто поточним значенням включеної передачі, а з іншого боку – положенням в яке необхідно перемістити важіль МПП для здійснення перемикання на вибрану (задану) передачу [95].

На рис 2.5 представлені всі можливі положення важеля МПП шестиступінчастої механічної КП. Причому одному і тому ж положенню в різних КП можуть відповідати різні включені передачі. Так, наприклад, для вантажного автомобіля вказана відповідність представлена в таблиці 2.4.

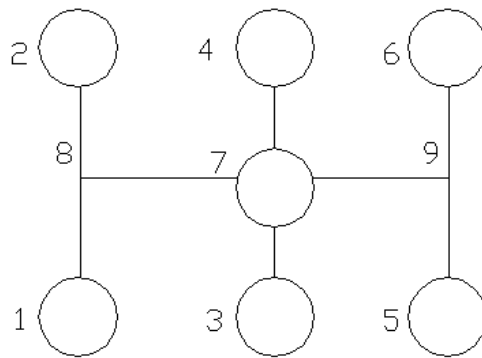


Рисунок 2.5 – Положення контрольних точок

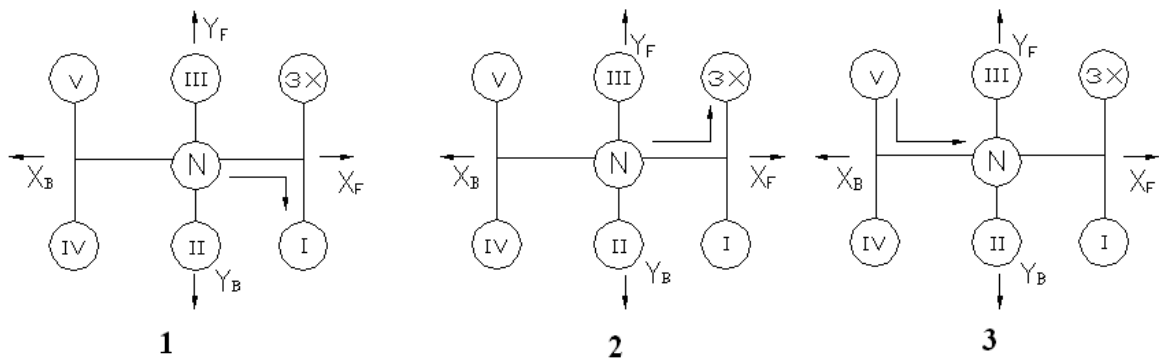
Таблиця 2.4 – Можливі “штатні” положення шестиступінчастого МПП

| Положення МПП | Включена передача | Зображення на дисплеї |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | 4 передача (IV) | 4 |
| 2 | 5 передача (V) | 5 |
| 3 | 2 передача (II) | 2 |
| 4 | 3 передача (III) | 3 |
| 5 | 1 передача (I) | 1 |
| 6 | передача “задній хід” (R) | R |
| 7,8,9 | нейтраль (N) | N |

Для прикладу розглянемо траєкторію переміщення важеля МПП в механічній КП автомобіля КамАЗ при:

- перемиканні з “нейтрального положення” на першу передачу;
- перемиканні з “нейтрального положення” на передачу задній хід;
- перемиканні з п'ятої передачі на “нейтральне положення”;

Вказані траєкторії переміщення важеля МПП представлені на рис. 2.6.



- 1– перемикання з „нейтрального положення“ на першу передачу;
- 2– перемикання з „нейтрального положення“ на передачу задній хід;
- 3– перемикання з п'ятої передачі в „нейтральне положення“

Рисунок 2.6 – Траєкторії переміщення важеля МПП

Як видно з рисунків переміщення важеля МПП при здійсненні процесу перемикання передач необхідно виконувати по координаті X і координаті Y , що вимагає використання двох електричних двигунів. Перший двигун (Двигун А) здійснює переміщення важеля МПП в напрямі “вперед” (“forward”) і “назад” (“back”) по координаті X , тобто в напрямках X_F і X_B , а другий двигун (двигун В) – у напрямі Y_F і Y_B . Як видно з рисунків при здійсненні процесу перемикання передач важливе значення мають допоміжні точки 8 і 9 на траєкторії переміщення важеля МПП. Таким чином, штатні положення є точками зупинки важеля МПП при реалізації процесу перемикання передач в КП, а допоміжні 8 і 9 точки зміни траєкторії переміщення важеля МПП.

Узагальнюючи можна сказати, що алгоритм роботи програмного забезпечення контролера автоматизованої КП, повинен базуватися на:

- використанні статусів інформації, тобто інформації про поточне положення важеля МПП

- на використанні інформації значення якої залежить від передачі, на яку необхідно здійснити перемикання КП. Вказана інформація вводиться в контролер за допомогою відповідних органів керування (кнопки, джойстик і тому подібне).

На рис. 2.7 представлений можливий варіант структури програмного забезпечення контролера автоматизованою КП, робота якої відбувається в наступній послідовності.

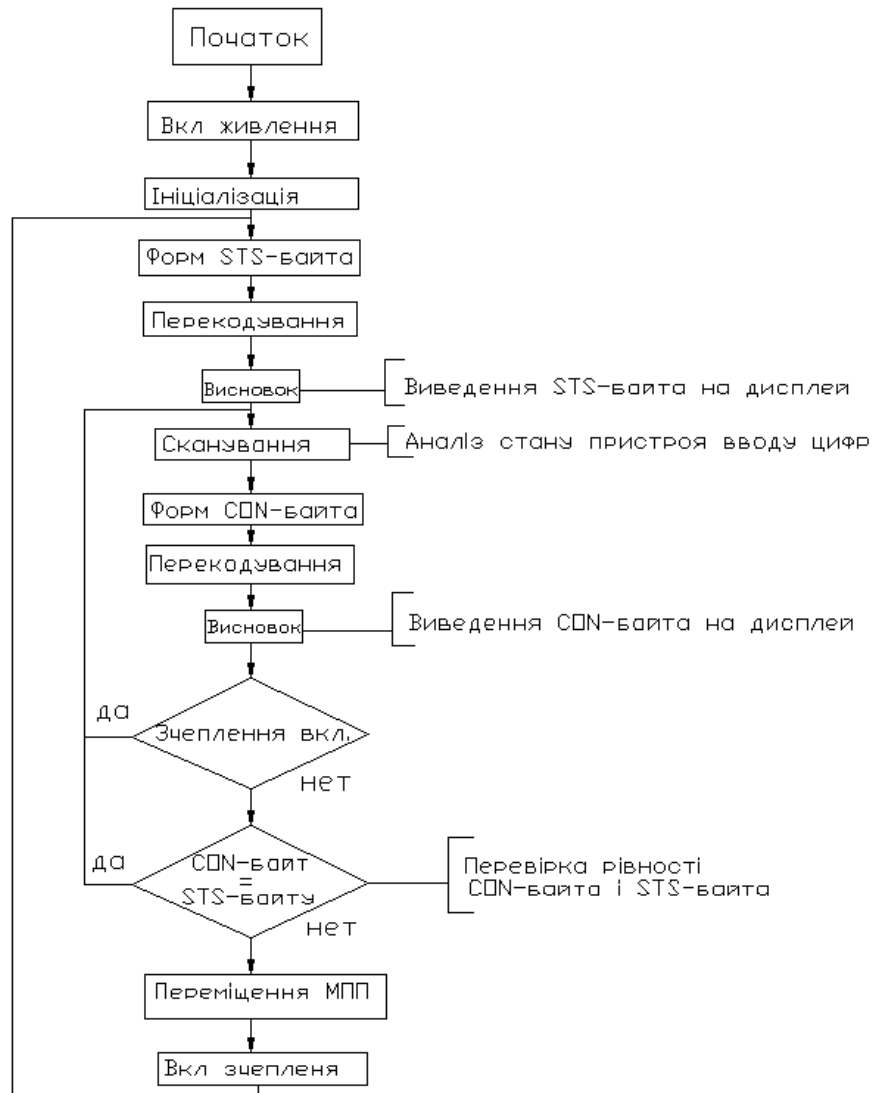


Рисунок 2.7 – Алгоритм роботи контролера автоматизованої КП

Після підключення цифрового контролера до джерела живлення відбувається процес ініціалізації, що полягає в установці початкового стану апаратних ресурсів контролера.

Далі здійснюється процес формування статусної інформації, значення якої відповідає поточному положенню МПП коробки. Ця інформація у вигляді STS-байта запам'ятовується в ОЗУ контролера. Крім того, ця інформація після того,

що перекодувало виводиться на дисплей у вигляді відповідного зображення включеної передачі (див. таблицю. 2.4).

Подальша дія контролера полягає в реалізації одноразового циклу сканування клавіатури з метою фіксації наявності керуючого сигналу, який у вигляді CON-байта визначає передачу, на яку необхідно виконати перемикання. Крім того, ця інформація після відповідного перекодування може бути виведена на дисплей.

Подальша дія контролера полягає в аналізі стану механізму зчеплення автомобіля. Якщо цей механізм знаходиться у включеному стані, то процес перемикання на нову передачу в коробці знаходиться в заблокованому стані. Перемикання може бити почато тільки у момент часу, коли механізм зчеплення автомобіля переходить у вимкнений стан, тобто у момент натиснення оператором педалі зчеплення. Повернення в початковий стан механізму зчеплення відбувається тільки після завершення перемикання передачі в КП, незалежно від стану педалі керування механізмом зчеплення.

На цьому завершується черговий цикл роботи контролера і здійснюється перехід на наступний цикл.

Відзначимо особливості алгоритму перемикання передач автоматизованої КП. Існує 7 різних алгоритмів перемикання, кожен з яких є послідовністю переміщень важеля МПП коробки по траєкторії, що забезпечує перехід важеля МПП з поточного положення в задане, що еквівалентно перемиканню КП з поточної передачі на задану. Вказані алгоритми приведені в додатках Б

Як видно кожен алгоритм складається з певного набору програмних процедур, включених в алгоритм в певній послідовності, цим досягається переміщення важеля МПП коробки з будь-якого поточного положення в будь-яке задане положення. При цьому кожна програмна процедура є підпрограмою, виконання якої полягає в програмному включенні двигунів А і В з відповідним дозуванням живлячої напруги, чим досягається переміщення важеля МПП по координатах X і Y, відповідно, в необхідному напрямі. Функція виключення вказаних двигунів здійснюється після досягнення важелем МПП заданого

положення на траєкторії руху, що викликається спрацьовуванням відповідних вихідних ключів за командою ЕБУ.

Для прикладу розглянемо процес переключення з положення 7 в положення 5 (див. рис. 2.5), що відповідає перемикаючому КП автомобіля КаМАЗ з нейтралі на першу передачу (див. табл. 2.4).

З (Додаток Б, рис. Б.5) виходить, що для реалізації даного переміщення важеля МПП необхідно виконати у вказаній нижче послідовності наступні дії:

1. Перемістити важіль МПП з положення 7 в положення 8. Для цього необхідно включити двигун А для переміщення важеля МПП у напрямі X_F . Досягши положення 9 спрацьовує відповідний ключ і двигун А вимикається. Програмна процедура, що забезпечує дане переміщення, позначається як процедура $9X_F$. (Додаток Б, рис. Б.5)

2. Перемістити важіль МПП з положення 9 в положення 5. Для цього необхідно включити двигун з таким дозуванням живлячої напруги яке могло б забезпечити переміщення важеля МПП у напрямі Y_B . Досягши положення 5 в результаті спрацьовування відповідного ключа двигун В вимкнеться. Для виконання описаного переміщення важеля МПП використовується програмна процедура $5Y_B$ (рис. Б.5). Аналогічним чином, тільки з використанням інших програмних процедур, виконується весь набір можливих переміщень важеля МПП автоматизованої КП.

При імітації виходу з ладу електродвигунів та датчиків положення повзунів і частоти обертання не призводить до поломки коробки передач. Система самостійно діагностує несправність і повідомляє водія. У аварійному режимі в залежності від виду поломки, є можливість включити одну передачу з можливістю перемикаючому на іншу, що знаходиться на тому ж повзуні. При цьому електронний блок орієнтується по струмових уставках забезпечуючи синхронізацію і виключення електродвигуна.

2.3 Стенд для проведення випробувань дослідного зразка системи керування трансмісією

2.3.1 Силова частина стенду

Структура стенду для випробувань адаптивних систем керування трансмісією транспортних машин повинна відповідати завданням, які наведено в програмі–методиці експериментальних досліджень.

Стенд включає: випробувальний модуль (рис.2.8), балансиру машину, двигун – генератор (рис.2.9), шафа керування, модуль керування (рис. 2.10) вимірювальний комплекс, а також комунікації.

Наближення дослідження до реальних умов досягається використанням для експериментальних досліджень силового агрегату КАМАЗ 740.1000312. До його складу входить двигун КАМАЗ 740.1000412 та коробка передач КАМАЗ 15.1700101 з дільником [108] (Додаток А).. Також застосовується пристрій навантаження, що дозволяє навантажувати силовий агрегат в усьому діапазоні можливих режимів навантажень і швидкостей. Для забезпечення навантаження використовується динамометр DS – 1036–4/N VSETIN чеського виробництва.



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд дослідного стенду

2.3.2 Компонувальна схема стенду

У випробувальному боксі розміщені випробувальний модуль двигун – генератор система керування і модуль керування вимірами.

Випробувальний модуль у своєму складі містить основу (раму), а також змонтований на силовий агрегат балансірно–електричну машину.

Комунікації призначені для забезпечення працездатності силового агрегату, передачі електричної енергії компонентам динамометра, а також для обміну усіма командами з модулем керування і елементами стенду. Працездатність силового агрегату в стендових умовах визначається параметрами системи живлення, охолодження, а також системі випуску відпрацьованих газів. В даному випадку система живлення прийнята штатна з внутрішнім розташуванням паливного бака, рівного добовій потребі в паливі. Система охолодження також стандартна, заправлена водою. Для виключення випадків перегрівання двигуна при роботі на значних навантаженнях шляхом додавання в систему охолодження холодної води, до двигуна підведені водопровід і каналізація. Система випуску відпрацьованих газів примусова з відцентровим вентилятором, розташованим зовні будівлі. При прокладенні системи в максимальній мірі використовувалися елементи штатної системи випуску. З'єднання елементів системи, які знаходяться у внутрішньому приміщенні, оброблялися високотемпературним герметиком.

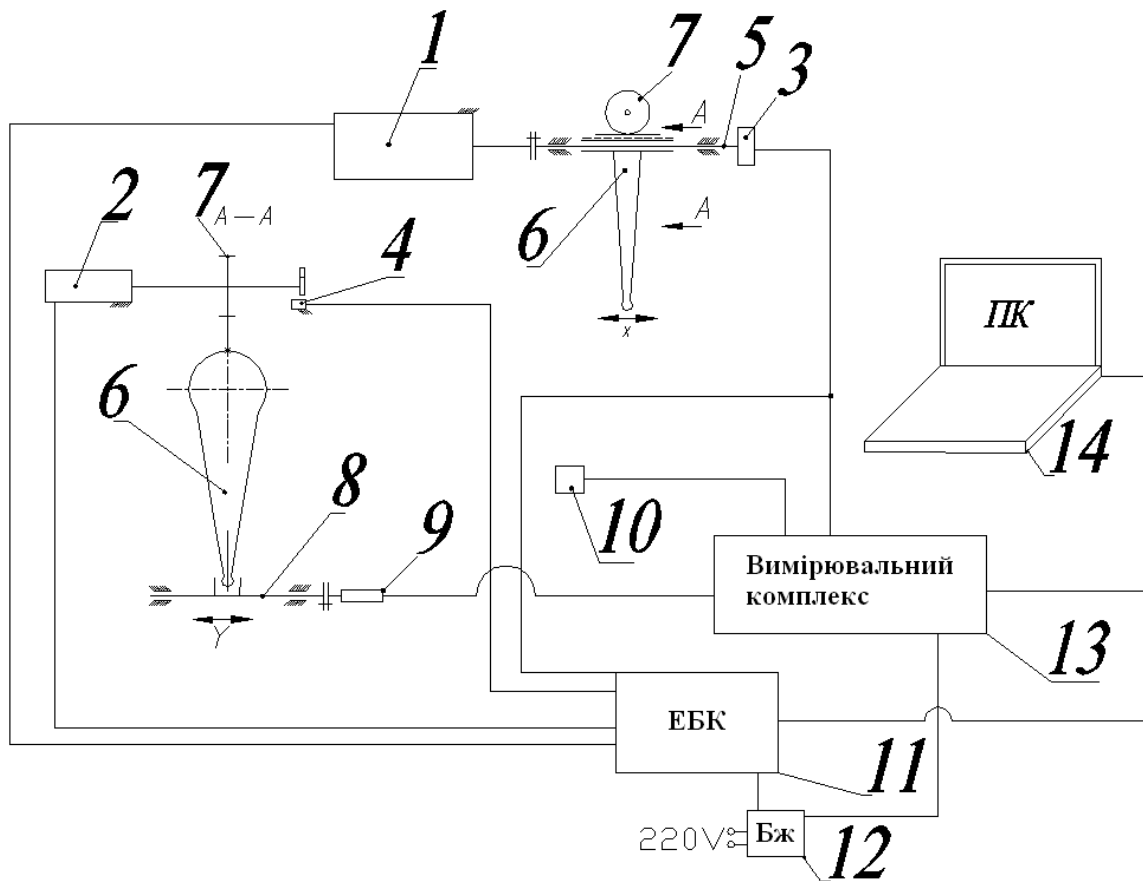


Рисунок 2.9 – Балансирна машина двигун – генератор



Рисунок 2.10 – Щиток контрольних приладів двигуна

Для проведення випробувань на стенд встановлений дослідний зразок системи керування трансмісією. Додаткові датчики, були, приєднані за наступною схемою (див. рис. 2.11).



1 – силовий електродвигун; 2 – селекторний електродвигун; 3 – датчик включення передачі; 4 – датчик вибору повзуна; 5 – вал механізму перемикання; 6 – важіль перемикання передачі; 7 – шестерня селекторного електродвигуна; 8 – повзун КП; 9 – датчик переміщення повзуна КП; 10 – датчик частоти обертання вторинного валу КП; 11 – електронний блок керування; 12 – блок живлення; 13 – вимірювальний комплекс; 14 – комп'ютер.

Рисунок 2.11 – Принципова схема підключення датчиків випробувального станду

2.3.3 Вимірювальна частина станду

Для випробувань дослідного зразка системи керування трансмісією використовується вимірювальний комплекс ADA – 1406 (рис 2.12) призначений для введення/виведення аналогових і дискретних сигналів [4]. Модуль може бути застосований як у складі мобільних вимірювальних комплексів, так і в лабораторних або промислових умовах.



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд модуля вимірювання

ADA – 1406 є багатофункціональним вимірювальним модулем, що приєднується до ПК через USB–інтерфейс. Підключення сигналів здійснюється через роз'єми, розташовані на бічних стінках модуля (рис 2.13).

Модуль ADA – 1406 включає:

- багатоканальний 14–ти розрядний аналогово–цифровий перетворювач з мультиплексуванням вхідних аналогових каналів
- порт введення–виведення дискретних сигналів

Модуль дозволяє працювати з 8 диференціальними або 16 каналами із загальною землею для введення аналогових сигналів.

Кількість вхідних аналогових каналів може бути розширено програмним способом. Можлива установка 4–х додаткових диференціальних каналів з попередніми підсилювачами з індивідуальним коефіцієнтом посилення. Попередні підсилювачі розширюють вхідний діапазон модуля у бік введення сигналів з низькими рівнями напруги. Коефіцієнт посилення попередніх підсилювачів можливо змінити за запитом.

Кожен з аналогових каналів підключається до АЦП через програмно керований підсилювач, що дозволяє задавати один з чотирьох діапазонів виміру напруги (Додаток А).

Модуль забезпечує безперервний (синхронізований по внутрішньому таймеру) збір даних на частотах дискретизації АЦП від 1Гц до 350 КГц.

На стенді був застосований модуль вимірювання сили струму модель ACS712–30A–Module (рис 2.14)



Рисунок 2.14 – Загальний вигляд модуля вимірювання струму ACS712–30A–Module

Цей двох полярний датчик постійного і змінного струму з гальванічною розв'язкою. Використовується для вимірювання струму в блоках живлення, в пристроях заряду–розряду акумуляторів, в автомобілях, в мережі 220 / 380В. [1].

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- діапазон виміру струму DC + 30A ..– 30A
- діапазон виміру струму AC 15A AC
- діапазон вихідної напруги 2,5 +/- 2V
- стабільність і не лінійність шкали 2%
- час реакції виходу 10mkS
- напруга живлення "VCC" 4,5V ... 5,5V
- струм споживання 10mA
- розмір модуля 13x13x32mm
- робоча температура від –20 ° C до + 50 ° C.

Комплектація: плата в зборі

Без вхідного струму напруга на виході модуля близько до 50% напруги живлення при пропущенні струму в залежності від полярності напруга

зменшується або збільшується. Для усунення впливу нестабільності живлення модуль і мікроконтролер живився від одного джерела, причому це ж джерело використовувалося як опорне для АЦП.

Для визначення поточного положення кожного штока виконавчого механізму перемикання передач використовується датчик лінійних переміщень серії CLP13 (рис. 2.15) [112]. Основні технічні характеристики датчика приведені в таблиці 2.5. Установка датчика CLP13 на стенді та його загальний вигляд представлена на (рис. 2.15).

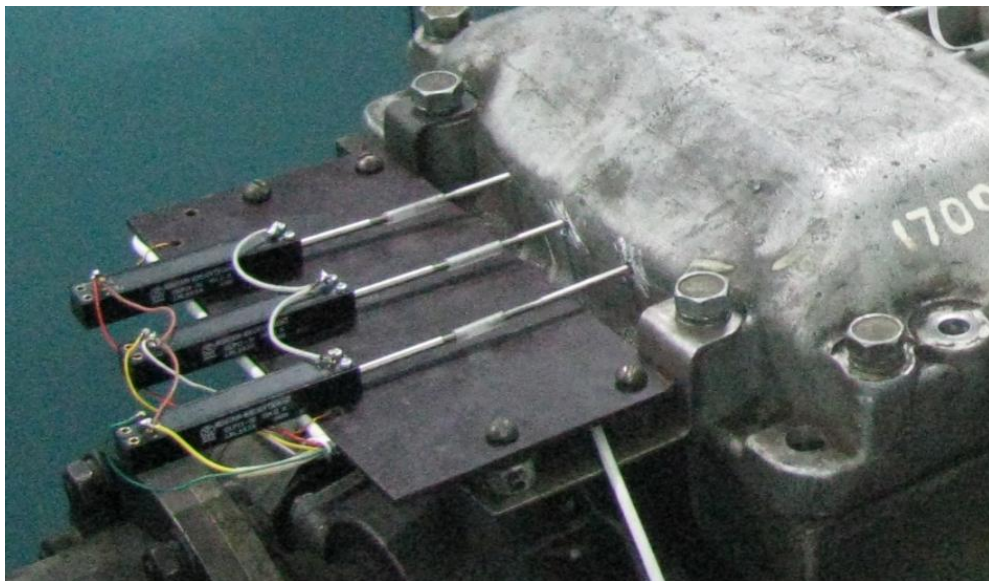


Рисунок 2.15 – Установка датчиків CLP13 на стенді

Таблиця 2.5 – Технічні параметри датчика лінійних переміщень серії CLP13

| Параметр | Значення |
|--|----------------|
| Діапазон механічного переміщення, мм | 51,6 + 3 |
| Електричний діапазон, мм | 51,6 |
| Максимальна робоча напруга, В | 50 |
| Чутливість, мм | менше 0,01 |
| Робоча температура, °С | від -30 до +43 |
| Максимальна швидкість переміщення, м/с | 5 |
| Маса, г | 35 |

Для живлення датчиків і контрольно–вимірювального обладнання лабораторна установка укомплектована блоком живлення Mean Well SE–600–24, загальний вигляд якого подано на (рис. 2.16). Основні технічні характеристики блоку живлення показано в таблиці 2.6 [76].



Рисунок 2.16 – Загальний вигляд блока живлення Mean Well SE–600–24

Таблиця 2.6 – Технічні параметри блока живлення Mean Well SE–600–24

| Параметр | Значення |
|---------------------------------|-----------------|
| Тип блока живлення | імпульсний |
| Мінімальна вхідна напруга, В | 180 |
| Максимальна вхідна напруга, В | 264 |
| Вихідна напруга, В | 24 |
| Вихідна потужність, Вт | 600 |
| Діапазон робочих температур, °С | від – 20 до +60 |

Реєстраційно–вимірювальне обладнання експериментального стенда (рис. 2.17) складається із переносного комп'ютера DELL D830 або персонального ПК, та модуля вводу–виводу аналогових і дискретних сигналів ADA–1406 [4].



Рисунок 2.17 – Загальний вигляд реєстраційно–вимірювального обладнання

Вимірювальний комплекс призначений для вимірювання і реєстрації сигналів цифрових датчиків, а також отримання сигналів від аналогових датчиків, перетворення цих сигналів у цифровий вигляд за допомогою аналогово–цифрового перетворювача з подальшою передачею даних у персональний комп'ютер. На комп'ютері прийняті дані відображаються за допомогою інтерфейсної програми, загальний вигляд якої подано на (рис 2.18).

Програмне забезпечення (ПЗ) «PowerGraph» передбачене для записування, візуалізації, обробки і зберігання аналогових сигналів, що реєструються за допомогою аналого–цифрових перетворювачів (АЦП).

ПЗ «PowerGraph» дозволяє використовувати персональний комп'ютер у якості стандартних вимірювальних і реєструючих приладів – вольтметри, самописці, осцилографи, спектроаналізатори і ін.

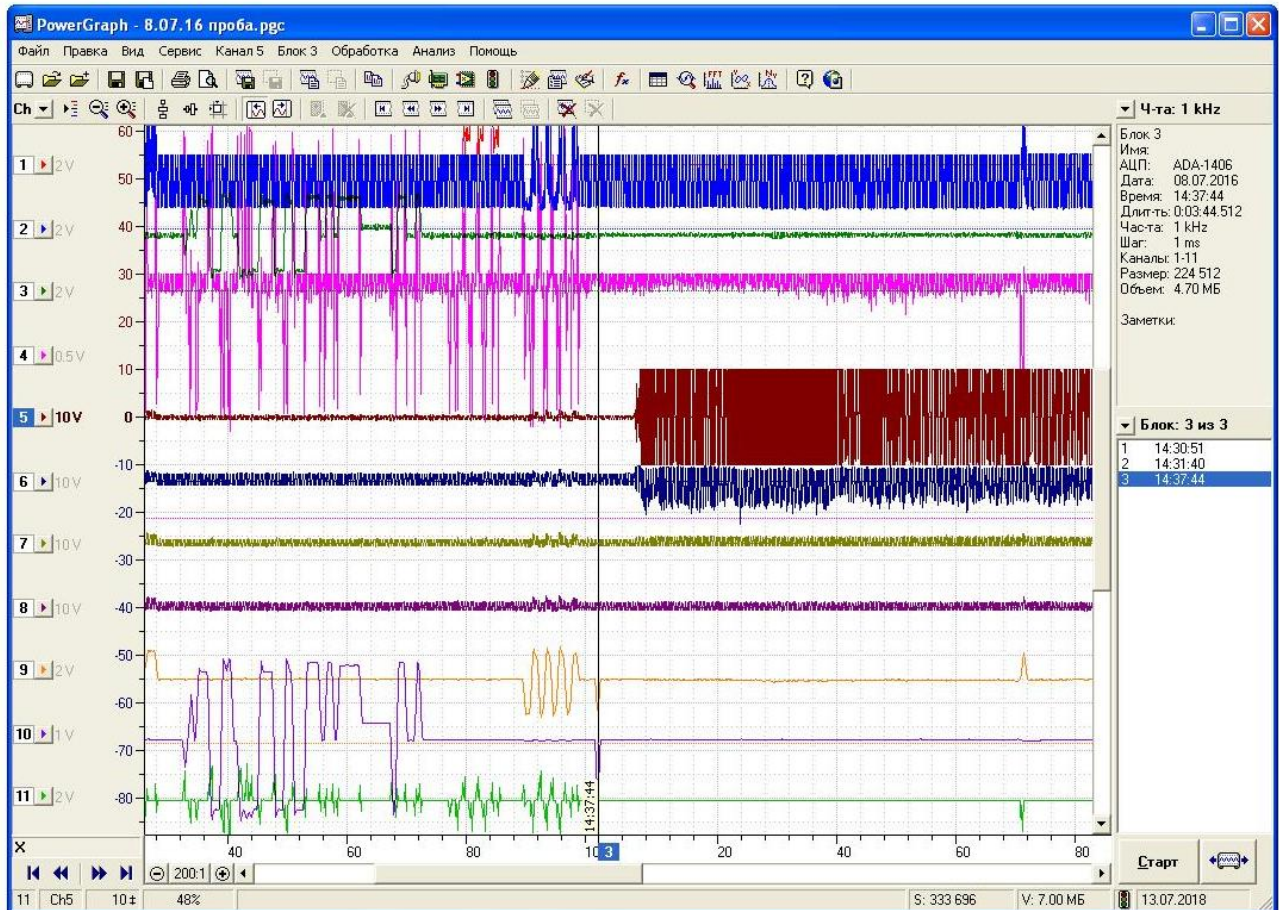


Рисунок 2.18 – Загальний вигляд вікна інтерфейсної програми «PowerGraph» ®

Запис кожної серії дослідів повторювався 3 рази із наступним усереднюванням отриманих результатів, з метою виключення похибки вимірювання [130].

У якості датчика зворотного зв'язку у автоматизованому механізмі перемикання передач використовується безконтактний датчик положення дросельної заслінки 3102.3855 (рис. 2.19). У основу роботи датчика покладений принцип перетворення кутового переміщення в пропорційну зміну електричної напруги. Основні технічні характеристики датчика положення приведені в таблиці 2.7 [47, 71].

Таблиця 2.7 – Технічні параметри безконтактного датчика положення дросельної заслінки 3102.3855

| Параметр | Значення |
|--|---------------------|
| Повний механічний кут повороту, град | $121^{\circ} \pm 3$ |
| Робочий кутовий діапазон, град | $23^{\circ}..107$ |
| Номінальна напруга, В | 5 |
| Робоча температура, °С | $-40...+125$ |
| Максимальна не лінійність функціональної характеристики в робочому кутовому діапазоні, % | $\pm 1,5$ |



Рисунок 2.19 – Загальний вигляд датчика положення дросельної заслінки
3102.3855

Функціональна характеристика потенціометра датчика положення дросельної заслінки 3102.3855 приведена на рисунку 2.20.

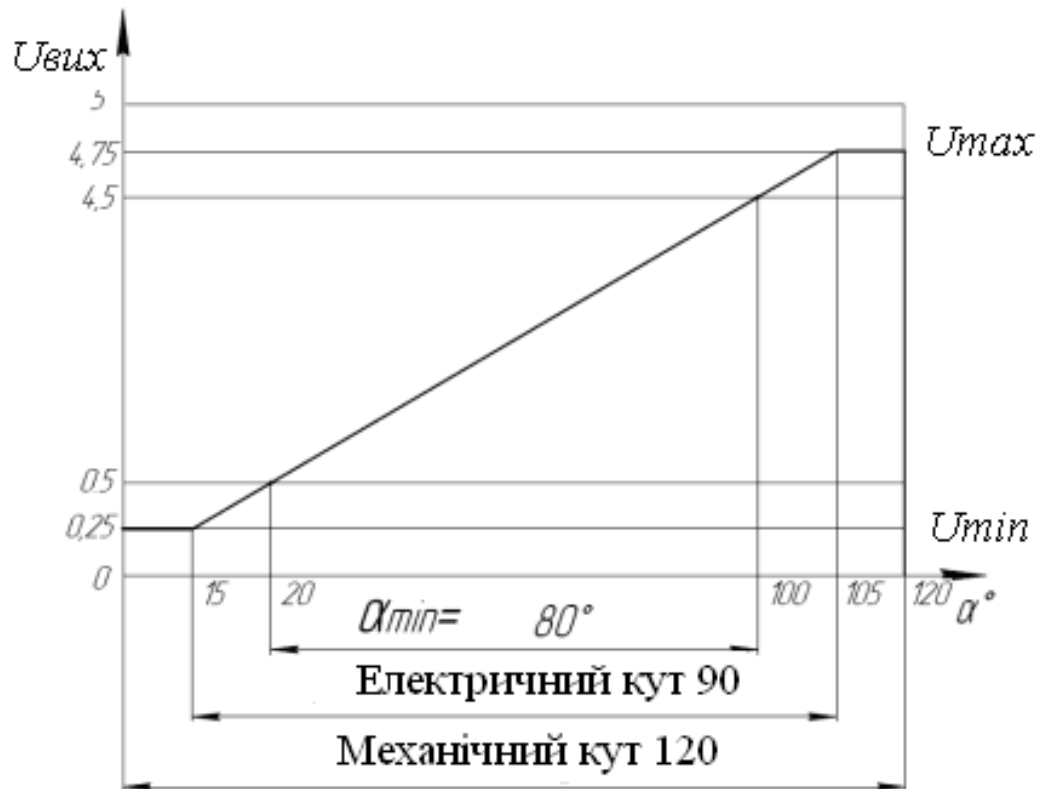


Рисунок 2.20 – Функціональна характеристика потенціометра датчика положення дросельної заслінки 3102.3855

Відповідно до функціональної характеристики (рис. 2.20) [71, 121] датчик дросельної заслінки має гарантований робочий діапазон 80° , що відповідає напрузі 4 В.

2.4 Випробування дослідного зразка системи керування трансмісією

Головною метою проведення експериментальних пошукових досліджень є підтвердження працездатності розробленого механізму та отримання вихідних даних для уточнення теоретичних досліджень. Після експериментального обґрунтування правильності роботи математичної моделі можна зробити висновок відносно можливості її застосування для розрахунку та оптимізації подібної конструкції.

2.4.1 Програма випробування дослідного зразка системи керування трансмісією

Для досягнення поставленої мети проводилися натурні випробування в лабораторних умовах на макетному зразку розробленого електромеханічного механізму перемикання передач.

Випробування проводилися за наступною методикою. Процес перемикання розділили на групи:

1– перемикання передач які знаходяться на одному повзуні КП (при цьому використовувався лише силовий електродвигун)

2– перемикання між сусідніми повзунами КП (при такому алгоритмі був задіяний в роботі також селекторний електродвигун)

3– перемикання передач з переходом повзуна (в даному дослідженні це перемикання з II передачі на IV або V передачу в КП)

Перемикання передач в групах при експериментальному дослідженні проводилося як з нижчої передачі на виші так і в зворотньому напрямку. Під час експериментальних досліджень на стенді не проводилося перемикання на I передачу так як КП використана на стенді не має синхронізатора на I передачі.

Основними параметрами, що характеризують розроблений механізм перемикання передач, є точність позиціонування важеля перемикання, забезпечення заданого зусилля при включенні передачі, надійність, зручність та безпека експлуатації. Виходячи з цього, під час проведення експериментальних досліджень фіксувалися такі параметри:

- переміщення повзуна КП;
- сила струму в електричному колі живлення силового електродвигуна та характер її наростання;
- момент подачі живлення на електродвигуни;
- кут повороту силового електродвигуна.

2.4.2 Проведення стендових випробувань системи керування коробкою передач

Випробування системи керування коробкою передач проводилося на стенді. Для керування процесом перемикання коробкою передач було змонтоване місце оператора з педаллю керування зчепленням і педаллю керування оборотами двигуна. Також для контролю за показниками працездатності двигуна була встановлена панель приладів (рис. 2.21).



Рисунок 2.21 – Обладнання робочого місця оператора з вимірювальними пристроями на стенді

В процесі проведення експериментальних досліджень були виявлені режими керування механізмом коробки передач відповідно для кожної передачі. Згідно з описом коробки передач, яка застосована на стенді кожна передача має граничне зусилля на повзунові під час роботи синхронізатора, для забезпечення необхідного терміну служби. Регулювання зусилля на синхронізаторі коробки передач відбувається за рахунок зміни величини струму в обмотці електродвигуна.

Регулювати момент електродвигуна електронний блок керування може згідно силової характеристики, яку заздалегідь ясно і введено в пам'ять блоку керування. Залежність моменту на валу електродвигуна від струму в його колі знято на стенді під час окремого навантаження електродвигуна.

Для налаштування системи під індивідуальні особливості кожної КП призначений тестовий режим роботи. Оскільки допуски виготовлення в умовах серійного виробництва мають досить великий діапазон. Це не дозволить застосувати електромеханічний механізм керування коробкою передач без попереднього налаштування на кожну коробку передач. Для налаштування механізму перемикачів після встановлення його на коробку запускається тестовий режим роботи. У цьому режимі відбувається запис поточних параметрів в пам'ять електронного блоку керування механізмом перемикачів передач. Як контрольні параметри вибрані сигнали від датчиків положення силового і селекторного двигуна в усіх штатних положеннях важеля перемикачів передач. Ці положення показані на (рис. 2.22).

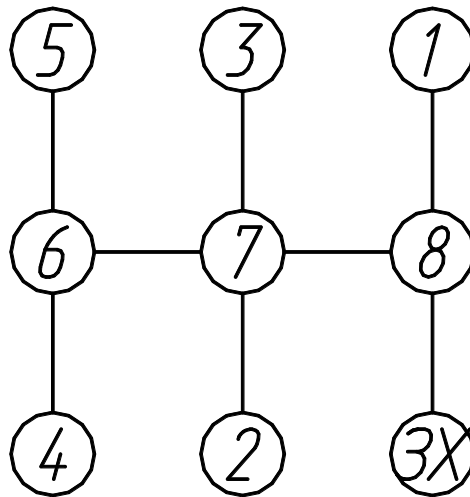


Рисунок 2.22 – Положення важеля перемикачів передач

Процес налаштування відбувається на автомобілі, при вимкненому двигуні і вимкненому зчепленні. При цьому першим починає тестувати положення 6, 7 і 8 (див. рис. 2.22) селекторний двигун. Він переміщається від одного крайнього

положення в інше і фіксує показання датчика положення селекторного двигуна. Досягнення крайніх положень 6 і 8 визначається електронним блоком по збільшенню струму в колі живлення електродвигуна тому що в цих положеннях важіль зупиняється. Для визначення середнього положення 7 електронний блок керування обчислює середнє арифметичне між даними в положенні 6 і 8. Після цього селекторний двигун по черзі встановлює важіль в кожне з положень 6, 7, 8 і починає включати передачі силовим двигуном. Під час цієї операції обов'язково зчеплення має бути вимкнене (педаля зчеплення натиснута). Процес включення передачі супроводжується повним ходом повзуна, до упору, який контролюється за двома параметрами:

- по збільшенню сили струму в обмотці силового електродвигуна;
- по зміні сигналу датчика положення в очікуваних межах;

Під час включення і виключення передач повзуна, за допомогою фіксаторів чітко стають в потрібне положення. При виборі необхідного повзуна немає механічної фіксації важеля включення передачі. Тому необхідно забезпечити чітке позиціонування в положеннях 6, 7, і 8 (див. рис. 2.22). Для того, щоб запобіжник включення першої і задньої передачі не створював додаткового опору переміщенню важеля селекторним двигуном, запобіжник був повністю виключений з конструкції. Блокування самовільного включення першої і задньої передачі забезпечується електронним блоком керування, який допускає переміщення важеля в положення 8 тільки при повністю зупиненому автомобілі, який фіксується по датчику частоти обертання вторинного валу коробки передач. Чітке позиціонування важеля в положеннях 6, 7, і 8 досягається за допомогою датчика положення і переключенням селекторного двигуна в режим роботи генератора. У такому режимі роботи забезпечується швидка зупинка двигуна з мінімальним впливом його інерції. Завершальні випробування експериментального зразка електромеханічного механізму керування коробкою передач проводилися на навантажувальному стенді в лабораторних умовах. Тестові включення здійснювалися як на коробці передач без руху, так і при працюючому двигуні і імітації руху.

2.5 Обробка отриманих результатів

При пошукових експериментальних дослідженнях були записані та опрацьовані робочі процеси руху повзуна КП при перемиканні передач (рис. 2.23).

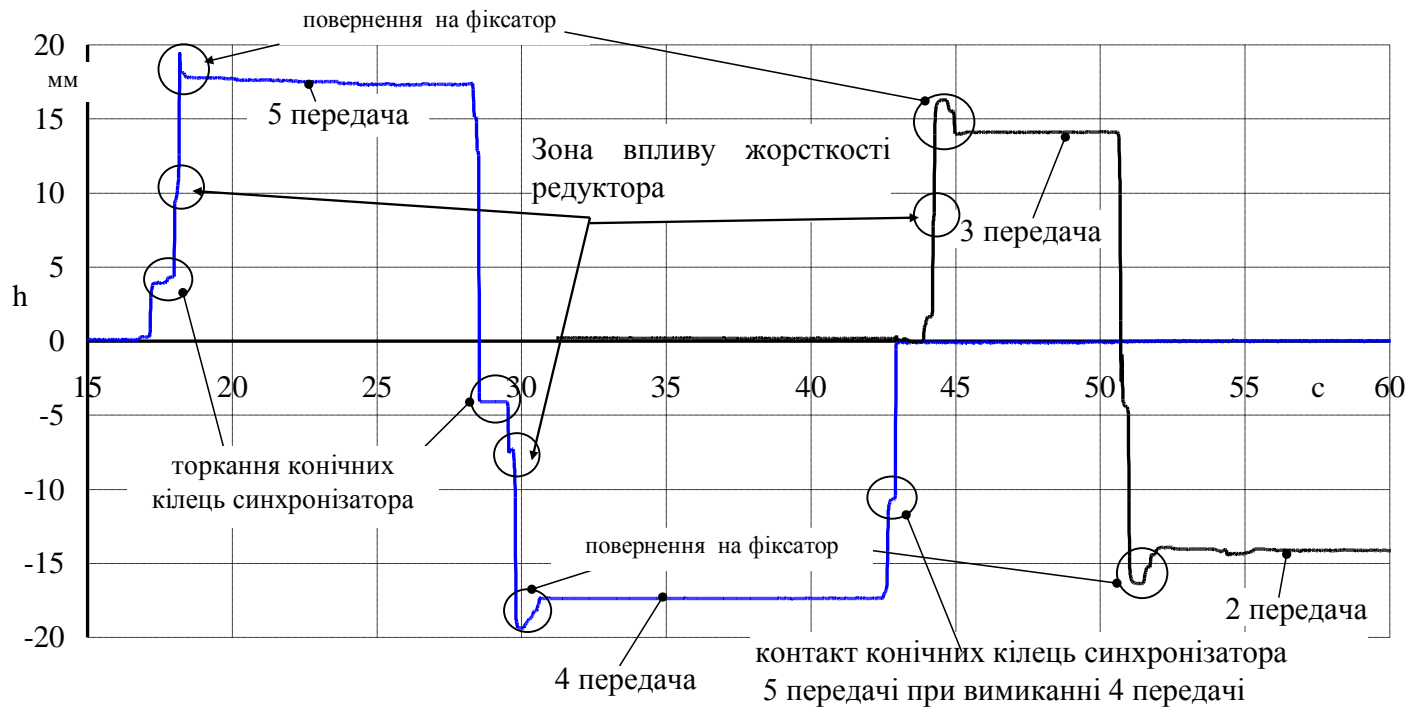


Рисунок 2.23 – Динаміка руху важеля при перемиканні передач яка отримана експериментально

При проведенні стендових випробувань перемикання передач відбувалося в наступній послідовності, а саме з нейтрального положення була включена 5 передача було витримано час який імітував рух на цій передачі. Потім виконали перемикання на 4 передачу яка знаходиться на одному повзуні з включеною передачею. Відповідно до цього струм подавався тільки на силовий двигун. Наступним кроком було перемикання на 3 передачу яка знаходиться на сусідньому повзуні, тому спочатку командами з блоку керування була виключена 4 передача. Важіль перемикання перемістився з включеної 4 передачі в нейтральне положення, по сигналу датчика зворотного зв'язку блок керування подав живлення на селекторний двигун який перемістив важіль перемикання до

повзуна відповідної передачі, після чого силовий двигун виконав включення 3 передачі. В подальшому було виконано перемикання на 2 передачу яка також знаходиться на одному повзуні з 3. При включенні передач на всіх режимах залежності руху повзуна мали характерні ділянки (рис. 2.23) не залежно від того на якому повзуні розміщена передача. Характерними ділянками є:

- торкання конічних поверхонь синхронізаторів,
- процес синхронізації,
- повернення на фіксатор включеної передачі

На кінцевому етапі включення всіх передач спостерігається не значне перевищення ходу штоку від необхідного для включення передачі (рис. 2.23, 2.24). Це обумовлено тим що при повному включенні передачі повзун КП переміщається на більшу величину за рахунок переходу через фіксатор КП після зняття живлення з електродвигуна за рахунок зворотності редуктора повзун повертається на фіксатор.

Додаткового дослідження потребує зона прискореного переміщення повзуна після синхронізації що обумовлено впливом внутрішніх функціональних зв'язків мотор–редуктора силового електродвигуна механізму перемикання.

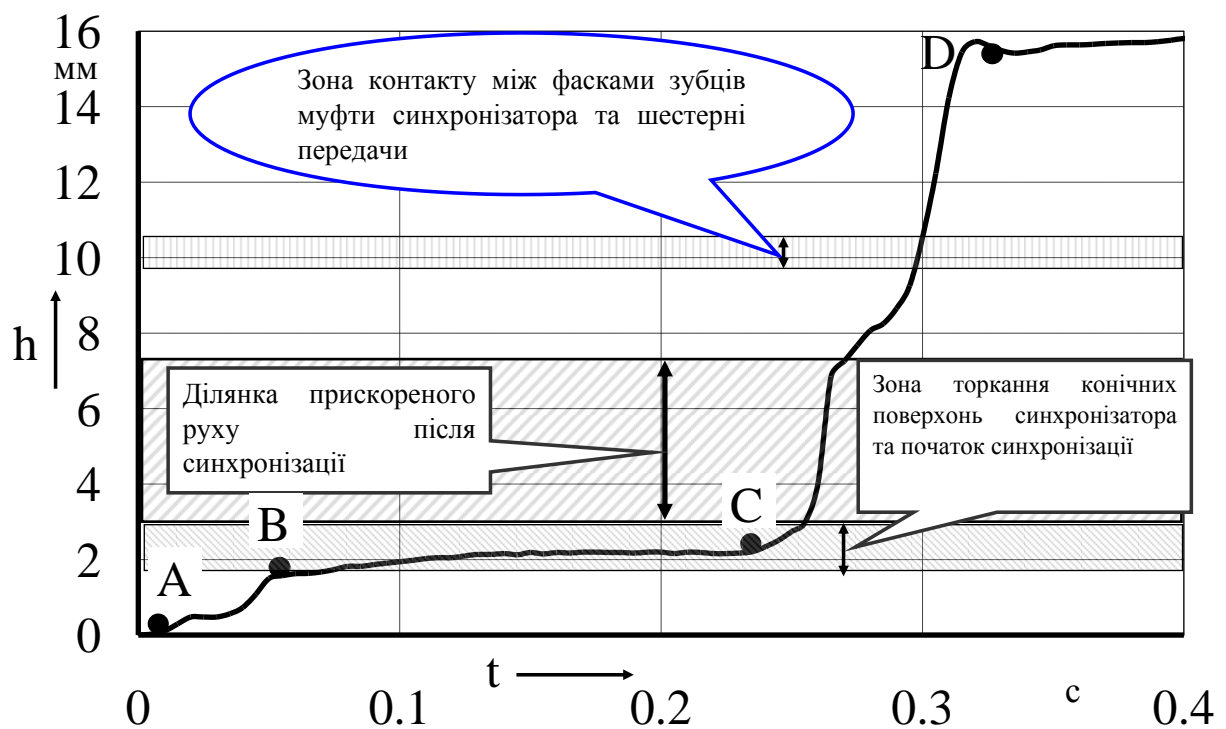


Рисунок 2.24 – Етапи процесу включення передачі

Аналізуючи отримані результати руху повзуна та залежності зміни сили струму на обмотках силового електродвигуна при перемиканні (рис. 2.25) були виділені характерні зони які потребують додаткового дослідження.

Так під час руху від т. А до т. В проходить вибирання зазорів в механізмі перемикання та переміщення повзуна з вилкою перемикання та корпусу синхронізатора до торкання конічних поверхонь синхронізатора.

На проміжку від т. В до т. С проходить вирівнювання кутових швидкостей вала та шестерні передачі (синхронізація).

На проміжку CD після вирівнювання кутових швидкостей та розблокування блокуючого пристрою проходить включення відповідної передачі. Із аналізу видно, що зона взаємодії зубців муфти із зубцями шестерні знаходиться вище ділянки прискореного руху та не впливає на прискорене переміщення. Фіксатори теж не впливають на характер переміщення повзуна на ділянці прискореного руху.

Під час експериментальних досліджень був виявлений негативний ефект впливу крутильної жорсткості редуктора на процес вмикання передачі. А саме самовільне переміщення вала з важелем перемикання та муфтою синхронізатора в зворотному напрямку після повного включення передачі та зняття живлення з електродвигуна, що призводить до вимкнення передачі (рис. 2.25).

Слід також зазначити, що процес інерційного вимкнення передачі після повного включення спостерігався тільки при перемиканні передач електромеханічним механізмом перемикання без обмеження сили струму при робочому процесі. В інших випадках при використанні обмеження сили струму і відповідно зі зменшенням ступеня закрутки редуктора силового електродвигуна ефект повністю перекривався наявністю фіксатора в КП.

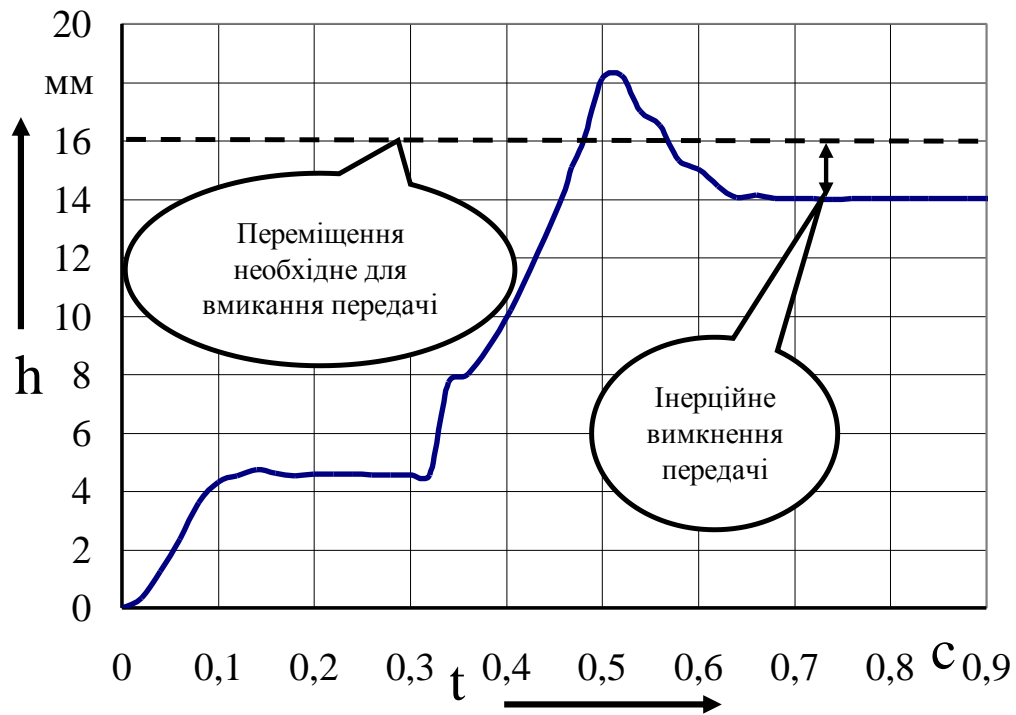


Рисунок 2.25 – Процес інерційного вимкнення передачі отриманий при експериментальному дослідженні

Проаналізувавши робочий процес перемикання (рис. 2.26) отримано наступне:

- на ділянці I (рис. 2.26) така зміна сили струму пояснюється тим, що до точки 1 сила струму залежить від пускових особливостей електродвигуна. До точки 2 видно спад який пояснюється розгоном інерційних мас електродвигуна. Подальший ріст величини сили струму пояснюється торканням фрикційних кілець синхронізатора та зупинкою електродвигуна під навантаженням, сила струму при цьому регулювалася реостатом.

- після закінчення синхронізації та розблокування синхронізатора різкий спад сили струму до точки 3 (ділянка II) (рис. 2.26) пов'язаний з використанням енергії накопиченої в редукторі силового електродвигуна та перетворення її в кінетичну за рахунок крутильної жорсткості редуктора. Використавши накопичену енергію на прискорене переміщення деталей механізму перемикання має місце короткочасне збільшення сили струму точка 4, але внаслідок отриманого прискорення деталі переміщуються по інерції сила струму плавно зменшується.

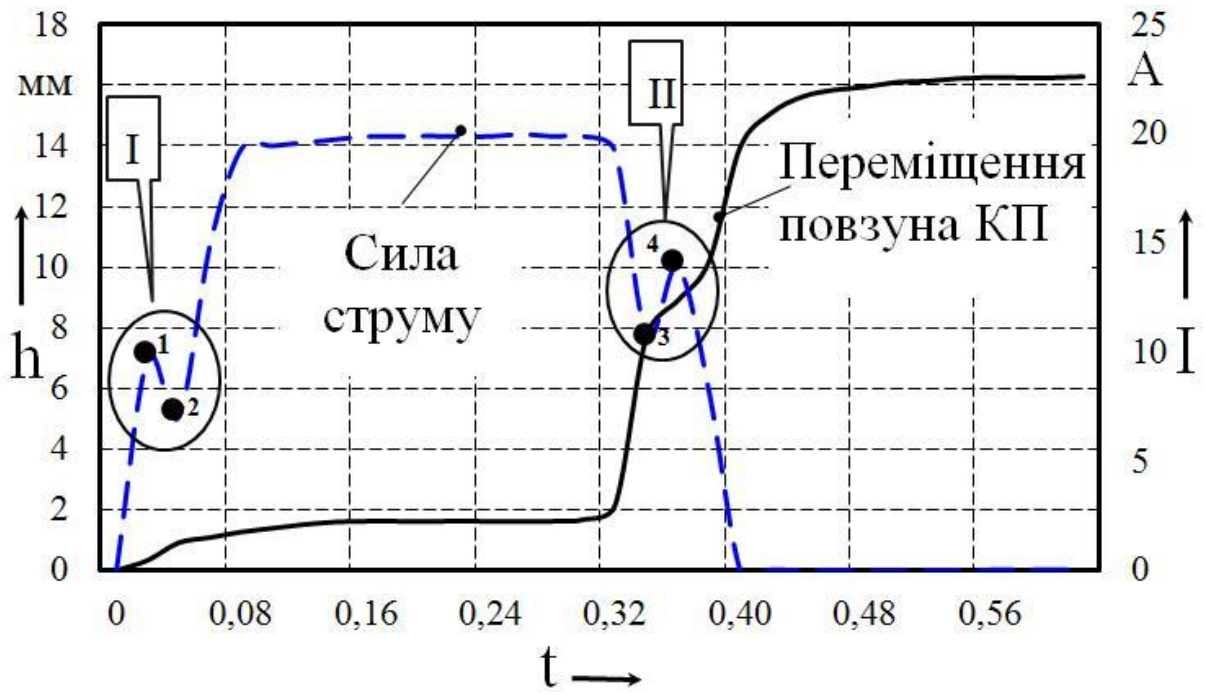


Рисунок 2.26 – Залежність сили струму та переміщення важеля перемикачя при робочому процесі

Для вивчення цього явища було проведено всебічне дослідження силового електродвигуна електромеханічного механізму перемикачя передач рис 2.27.

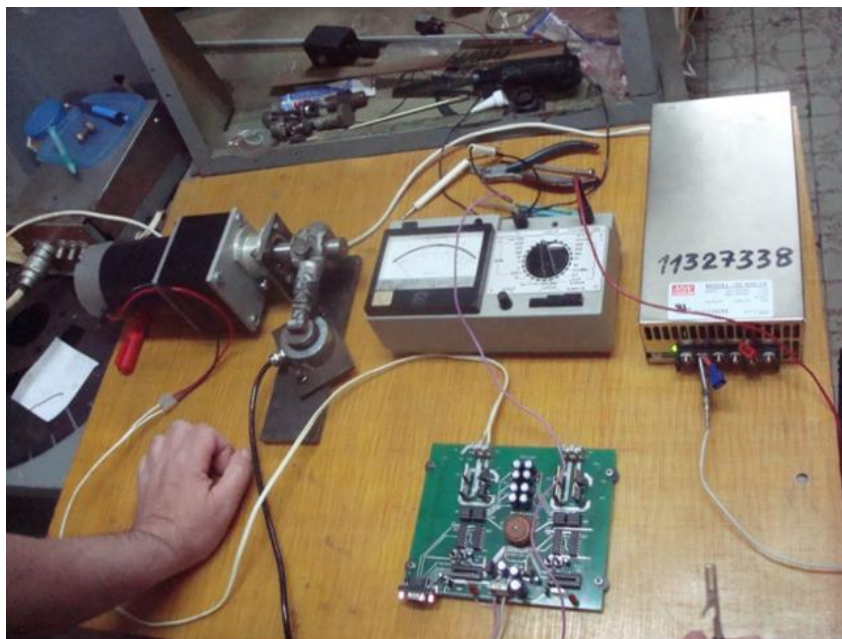


Рисунок 2.27 – Загальний вид обладнання для проведення випробування електродвигуна

Для цього в лабораторних умовах були проведені відповідні випробування та записані їх результати. Під час проведення дослідження було проведено навантаження силового електродвигуна механізму перемикачів передач при різній силі струму та зафіксовано зусилля на важелі перемикачів. Для чого електродвигун з штатним важелем перемикачів був зафіксований на дослідному стенді (рис. 2.27). При повороті важелів перемикачів тиснув на датчик зусилля. Сила струму змінювалася за допомогою реостата від 1 до 16 А. відповідно змінювалося зусилля на важелі. Заміри сили на важелі перемикачів проводилися як у статичному режимі з плавною зміною сили струму в обмотках двигуна, так і в динаміці при наявності зазору між важелем та датчиком зусилля. Записані сигнали з датчиків були опрацьовані та по отриманим результатам були побудовані залежності як статичного наростання зусилля на важелі, так і зміна його в динаміці (рис. 2.28 – 2.29). Побудована залежність наростання зусилля на важелі при різних зазорах в механізмі та вираховані коефіцієнти динамічності (рис. 2.30). Отримані результати використовувалися для налаштування математичної моделі.

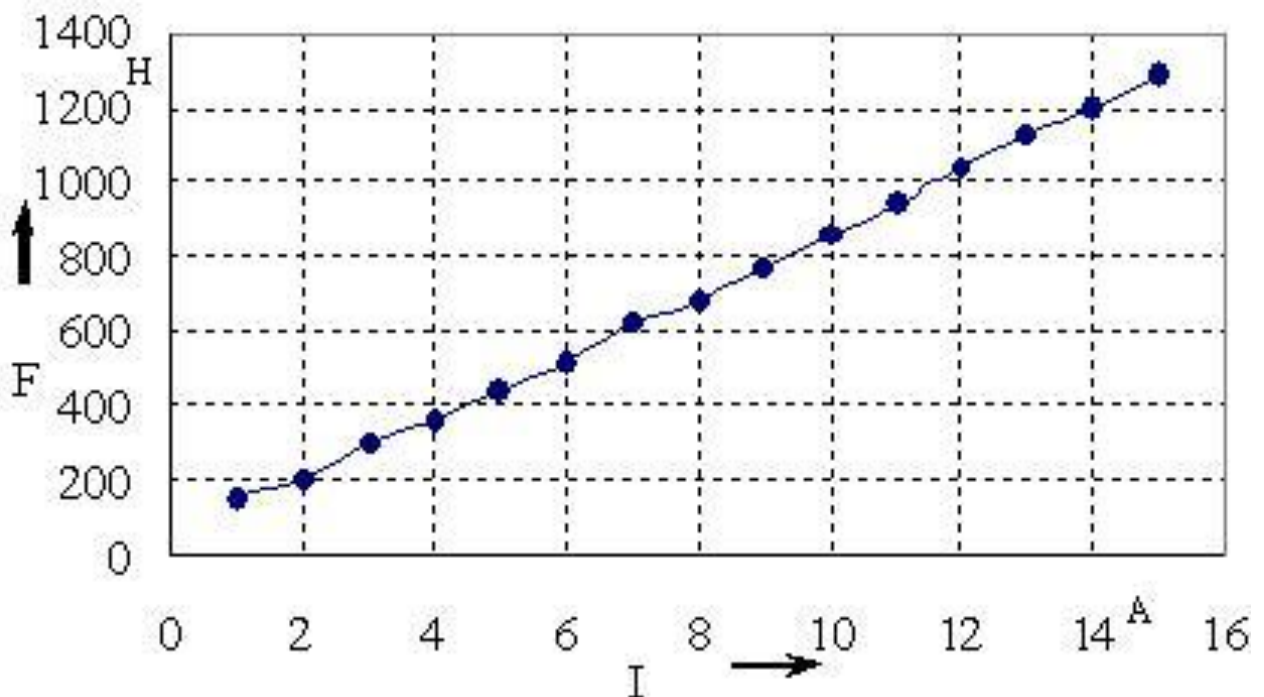


Рисунок 2.28 – Залежність сили на важелі перемикачів при різній силі струму (при довжині важеля 0,072 м)

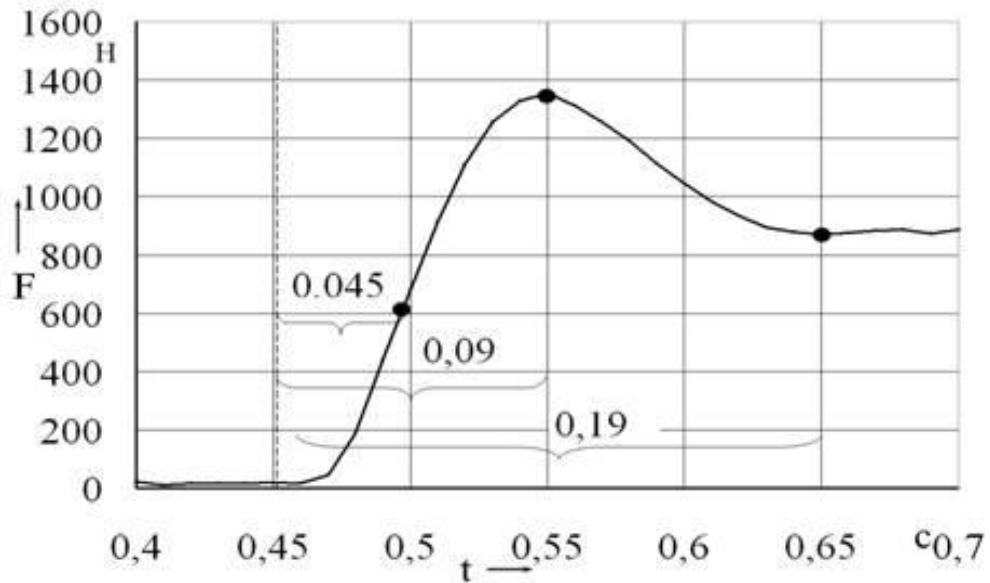


Рисунок 2.29 – Динамічне наростання зусилля на важелі перемикання

Судячи з рисунку 2.28 максимальне зусилля з'являється на важелі перемикання через 0,08...0,09с. після торкання ним жорсткого упору. Це значення є контрольним при перевірці адекватності математичної моделі.

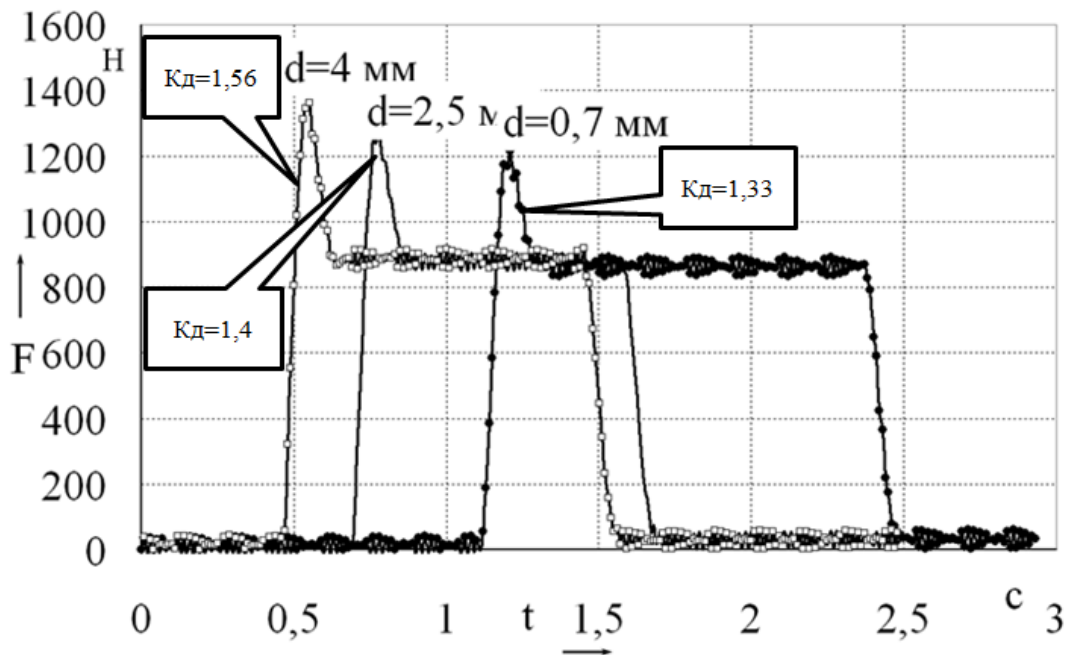


Рисунок 2.30 – Зміни зусилля на важелі перемикання передач при різних ходах повзуна КП до торкання конічних поверхонь синхронізатора

Висновки до розділу

1. Розроблений експериментальний зразок електромеханічного механізму перемикання передач має відмінність у вигляді поєднання важеля перемикання з рейкою вибору передачі це рішення захищено патентом.

2. Для досягнення нормованого зусилля при включенні другої передачі необхідно створити крутний момент на валу важеля перемикання 97,2 Нм. (при довжині важеля перемикання 0,072 м). Це обумовлює використання редуктора у поєднанні з електродвигуном вмикання передачі.

3. Розроблені алгоритми керування передбачають всі можливі схеми перемикання та діагностування системи на несправності.

4. Дослідження експериментального механізму керування коробкою передач дозволило визначити аномальну зону підвищеної швидкості переміщення важеля перемикання передач після закінчення синхронізації яка може бути пов'язана з наявністю кінцевої жорсткості механізму між важелем та електродвигуном. Це можливо визначити при подальшому математичному моделюванні.

5. Залежності статичного наростання зусилля на важелі, та динаміка його зміни дозволили отримати дані для налаштування математичної моделі. Час наростання зусилля до максимального значення склав 0,08...0,09с, коефіцієнт динамічності знаходиться в межах 1,33...1,56.

6. Встановлено залежність між струмом в обмотках силового електродвигуна та силою на важелі перемикання передач яка має лінійний характер.

Результати дослідження були опубліковані в наступних публікаціях [30, 32, 33, 83, 94, 115].

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ ПРИ ПЕРЕМИКАННІ ПЕРЕДАЧ

3.1 Основи теоретичного дослідження процесів перемикання передач

Робочі процеси, що відбуваються в механізмі перемикання передач пов'язані із режимами руху транспортного засобу та процесами, що протікають в КП. Відтворення цих взаємозв'язків при математичному моделюванні забезпечується шляхом застосування відповідних рівнянь зв'язку.

Комплексно моделювання роботи механізму перемикання забезпечується трьома складовими:

- математична модель механізму перемикання передач;
- математична модель коробки передач;
- математична модель руху транспортного засобу.

Останні дві моделі об'єднані в одну систему рівнянь шляхом включення в систему рівняння руху автомобіля маса якого приведена до вторинного валу КП. Так враховується дорожній опір та зміна швидкості при перемиканні передач. Математична модель КП впливає на протікання процесів при моделюванні перемикання передач шляхом генерації часу синхронізації відповідно до передачі на яку відбувається перемикання. Цей час змінюється як від номера передачі (параметрів синхронізатора) так і від сили притискання синхронізатора. В свою чергу модель механізму перемикання чинить вплив на моделювання процесів, що відбуваються в коробці передач шляхом генерації сили притискання синхронізатора.

3.2 Теоретичні дослідження процесів, що відбуваються в коробці передач

Для визначення часу синхронізації була розроблена математична модель коробки передач автомобіля КамАЗ (відповідно до можливості

експериментальної перевірки) яка враховує можливі перемикання. Моделювання процесу перемикання передач складається з декількох варіантів перемикання :

- перемикання передач в основній коробці без участі дільника;
- перемикання синхронізатора в дільнику без участі основної коробки передач;
- синхронне перемикання, як в дільнику, так і в коробці передач.

У дослідженнях приділялась увага процесу перемикання передач в основній коробці без участі дільника, а інші варіанти не розглядалися.

Під час моделювання були введені наступні припущення:

- виключення передач відбувається миттєво;
- моделювання починається з моменту виключення попередньої передачі (з моменту роз'єднання синхронізатора і шестерні попередньої передачі);
- динамічна стадія наростання зусилля на синхронізаторі відбувається за 0,19 с. згідно з експериментальними дослідженнями (рис.2.29).

На даному етапі моделювання будемо використовувати сталі значення моменту синхронізації для тестування моделі коробки передач. У подальшому замість сталого значення моменту синхронізації буде використовуватися момент, що пропорційний силі притискання синхронізатора важелем перемикання передач яка генерується, математичною моделлю механізму перемикання передач.

Модель КП необхідна для визначення часу синхронізації, як допоміжного параметру при моделюванні робочого процесу в автоматизованому механізмі перемикання передач.

Моделювання робочих процесів, які відбуваються під час перемикання передач можливо за наявності інформації про геометричні параметри шестерень і валів, моментів опору коченню в підшипниках і чисел зубів шестерень. Схема коробки передач з необхідними параметрами приведена на (рис. 3.1). Час синхронізації в коробці передач визначається за системою рівнянь (3.1) відповідно до розрахункової схеми, що зображена на (рис. 3.2). Надалі цей час використовуватиметься в моделі механізму перемикання передач.

На рисунку 3.2 позначені M_c – момент, який створює синхронізатор; m_a – маса що імітує інерцію автомобіля; J_K – момент інерції що імітує інерцію шестерень коробки передач.

Система рівнянь, що описує процес включення передачі складається з двох структурних складових. Частина, що описує обертання шестерень та валів коробки передач та частини, що описує уповільнення транспортного засобу під час перемикання з однієї передачі на іншу. З'єднувальною ланкою між двома частинами виступає момент, що створюється синхронізатором.

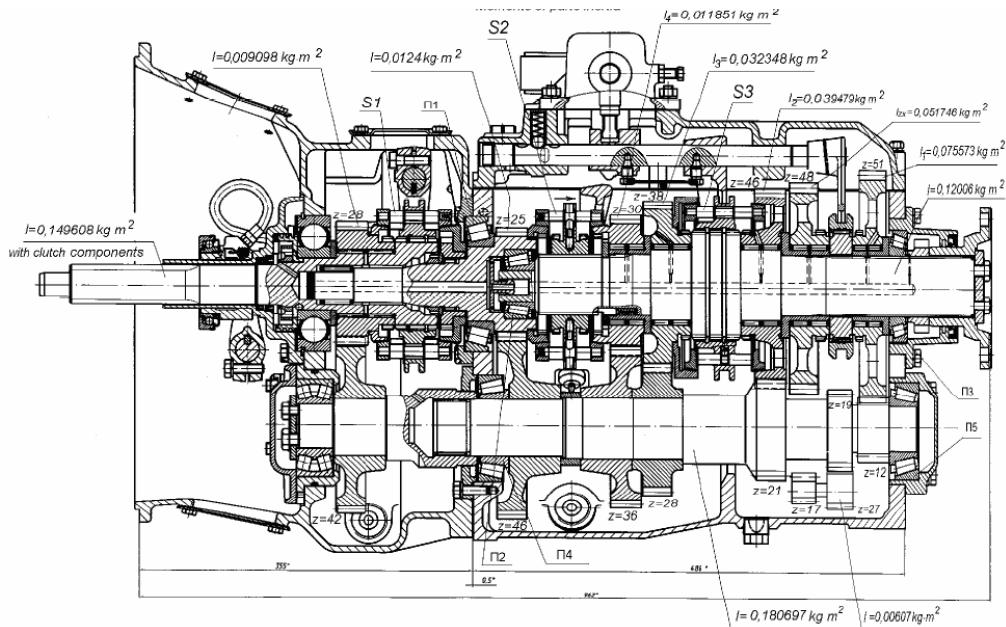


Рисунок 3.1 – Схема коробки передач з позначенням моментів інерції приведених мас, що обертаються.

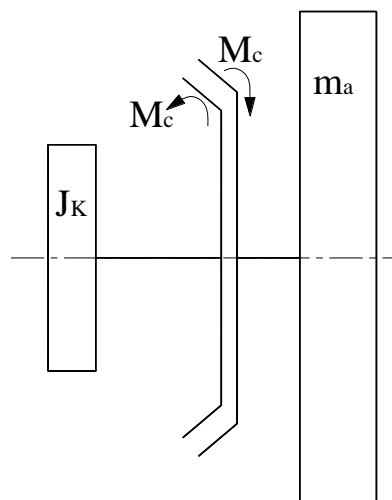


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема перемикання в основній коробці

Система рівнянь має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} j_x = \frac{-P_w - P_\psi + M_c \cdot \text{sign}(\omega_{uu} - \omega_{II}) \cdot \frac{u_0}{r_k} - J_{II} \cdot \varepsilon_{II}}{m_a} \\ \varepsilon_{II} = \frac{j_x \cdot u_0}{r_k} \\ \varepsilon_{uu} = \frac{-M_{mp} + M_c \cdot \text{sign}(\omega_{II} - \omega_{uu}) - \sum (M_i \cdot \varepsilon_i)}{J_{uu}} \\ \varepsilon_i = \varepsilon_{uu} \cdot u_i \\ \omega_{II} = \frac{V_a \cdot u_0}{r_k} \\ \omega_{uu} = \int \varepsilon_{uu} dt \\ \omega_{uu}^0 = \frac{V_a \cdot u_0}{r_k} \cdot u_{II \rightarrow uu} \\ V_a^0 = V_{крj} \end{array} \right. \quad (3.1)$$

де j_x – уповільнення транспортного засобу, м/с²; P_w – сила опору повітря, Н; M_c – момент який створює синхронізатор, Н·м; ω_{uu} – кутова швидкість шестерні відповідної передачі, на яку відбувається перемикання, с⁻¹; ω_{II} – кутова швидкість вторинного валу, с⁻¹; J_{II} – момент інерції вторинного валу, кг·м²; ε_{II} – кутове прискорення вторинного валу, с⁻²; r_k – радіус колеса, м; u_0 – передавальне число головної передачі; ε_i – кутове прискорення шестерень коробки передач, с⁻²; ε_ϕ – кутове прискорення шестерень коробки передач з якою зчіплюється синхронізатор, с⁻²; u_i – передавальне число від шестерні з якою зчіплюється синхронізатор до і-тої шестерні; V_a^0 – початкова швидкість автомобіля, км/год; V_a – швидкість автомобіля, км/год; ω_{uu}^0 – початкова кутова швидкість шестерні відповідної передачі, на яку відбувається перемикання, с⁻¹; $u_{II \rightarrow uu}$ – передавальне число від вторинного валу до шестерні на яку відбувається перемикання під час включення попередньої передачі; $V_{крj}$ – критична швидкість на попередній включеній передачі, км/год; m_a – маса автомобіля, кг; J_i – момент

інерції шестерні, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; J_w – момент інерції шестерні на яку відбувається перемикання, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $M_{тр}$ – момент тертя підшипників коробки передач, Н·м.

Враховуючи частоту використання передачі і допустиму питому роботу буксування для кожної передачі існує значення моменту, яке створює синхронізатор, прийнятне для забезпечення необхідного часу служби синхронізатора. Значення допустимої роботи синхронізатора коливається від 0,5 до 0,2 МДж/м². Великі значення відносяться до нижчих передач, а менші для вищих. Значення допустимого моменту на кожній передачі приведені в таблиці 3.1 [42].

Таблиці 3.1 – Параметри синхронізаторів

| Номер передачі | Середній радіус тертя, мм | Ширина кільця синхронізатора, мм | Момент тертя синхронізатора, Н·м | Зусилля перемикання Н |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Друга | 92 | 17 | 137,2 | 1350,6 |
| Третя | 92 | 15 | 67,0 | 659,5 |
| Четверта | 65 | 15 | 42,4 | 417,4 |
| П'ята | 57 | 15 | 25,7 | 252,99 |
| Знижена передача дільника | 63 | 17 | 35,6 | 350,4 |
| Підвищена передача дільника | 63 | 17 | 35,6 | 350,4 |

Відповідно до табл. 3.1 та результатів експериментальних залежностей (рис. 2.30) момент на синхронізаторі змінювався відповідно до номера передачі за залежностями які зображені на рис. 3.3. Після виходу до сталого значення момент витримувався до вирівнювання кутових швидкостей вала та шестерні.

У ручному режимі перемикання водій прикладає до важеля перемикання передач не нормоване зусилля тому час синхронізації може відрізнятись як у більшу так і в меншу сторону. Таку ж картину можна спостерігати і при керуванні коробкою передач електропневматичним механізмом оскільки функціональна схема такого механізму істотно обмежує можливість регулювання зусилля на синхронізаторі оскільки для усіх передач використовується один силовий циліндр. Таким чином три позиційний

пневматичний циліндр може забезпечити два ступені зусилля на синхронізаторі. Як правило параметри силового циліндра обирають з міркувань забезпечення необхідного зусилля на нижчих передачах. У свою чергу вищі передачі знаходяться під дією занадто великої сили. Позитивною стороною цього стає зменшення часу синхронізації, а негативною скорочення терміну служби синхронізаторів. При використанні електромеханічного виконавчого механізму регулювання зусилля на важелі перемикання передач може бути реалізовано за допомогою обмеження струму в обмотці електродвигуна [58, 59].

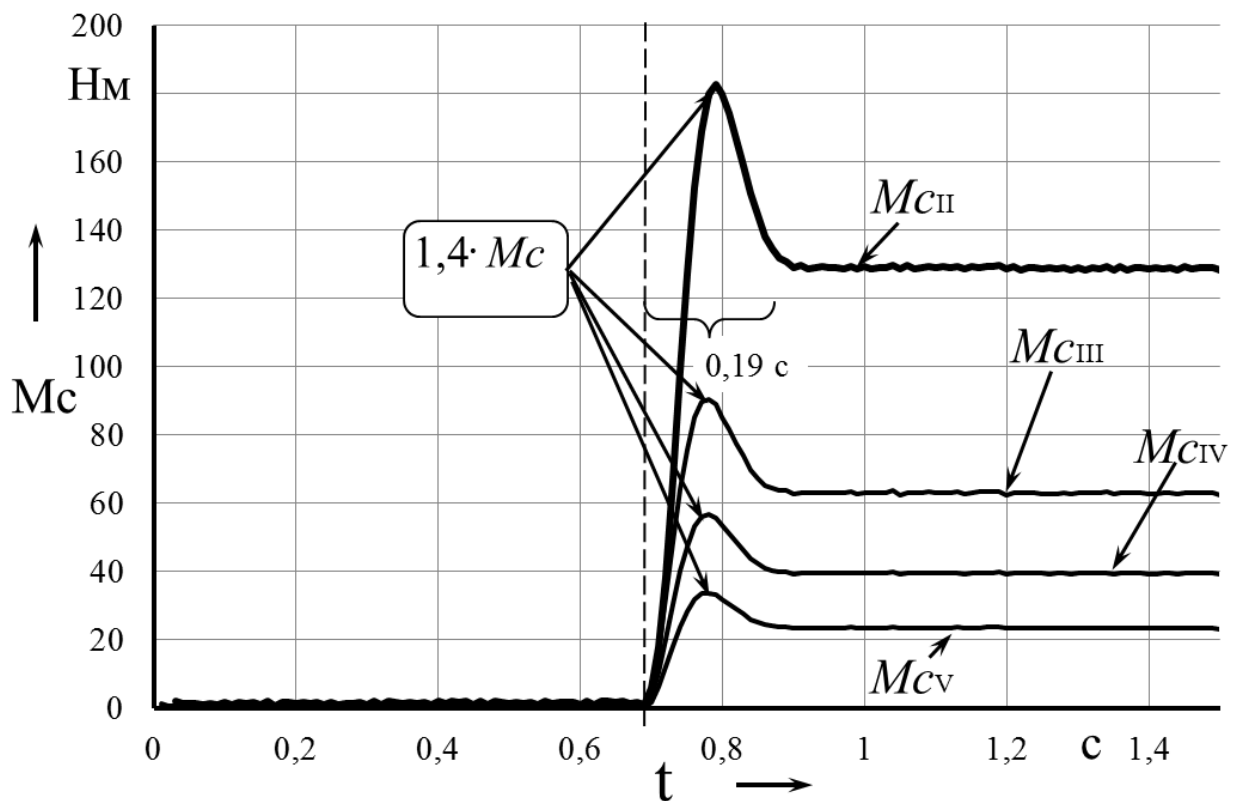


Рисунок 3.3 – Динаміка зміни моменту на синхронізаторі відповідно до передач

Рішення системи рівнянь під час перемикання на вищі і на нижчі передачі проілюстровано відповідно на (рис. 3.4, 3.5). На рисунках можливо визначити час синхронізації при використанні електромеханічного приводу з обмеженням зусилля у рамках допустимої величини. Який у подальшому задіяний у математичній моделі механізму керування КП.

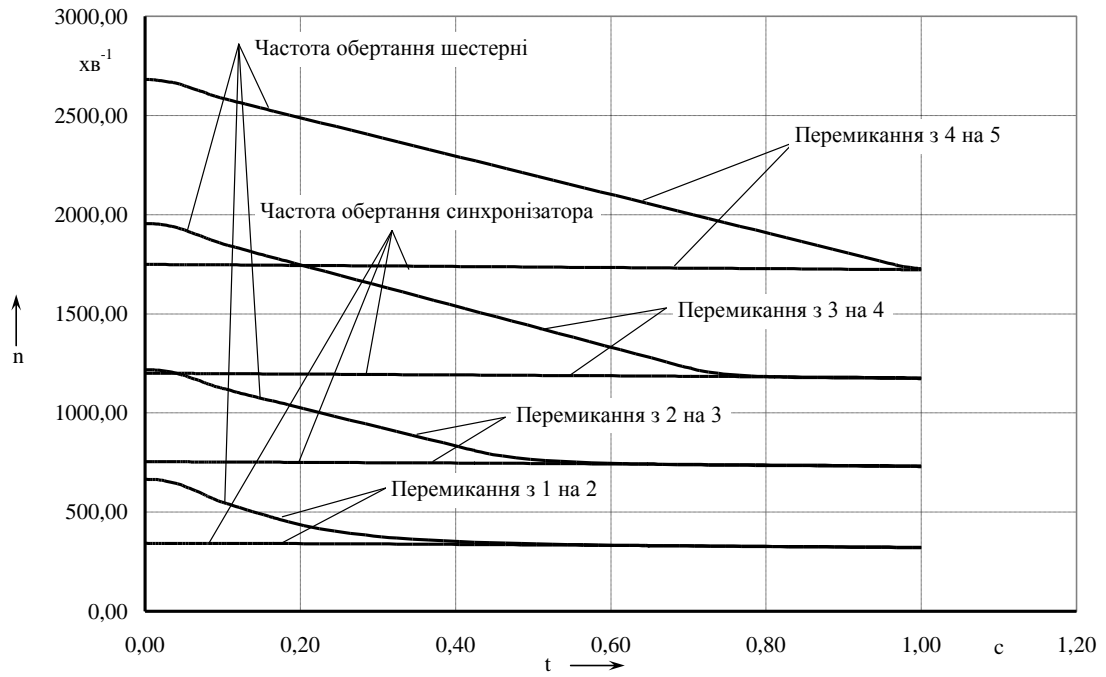


Рисунок 3.4 – Робочий процес перемикання з нижчої передачі на вищу

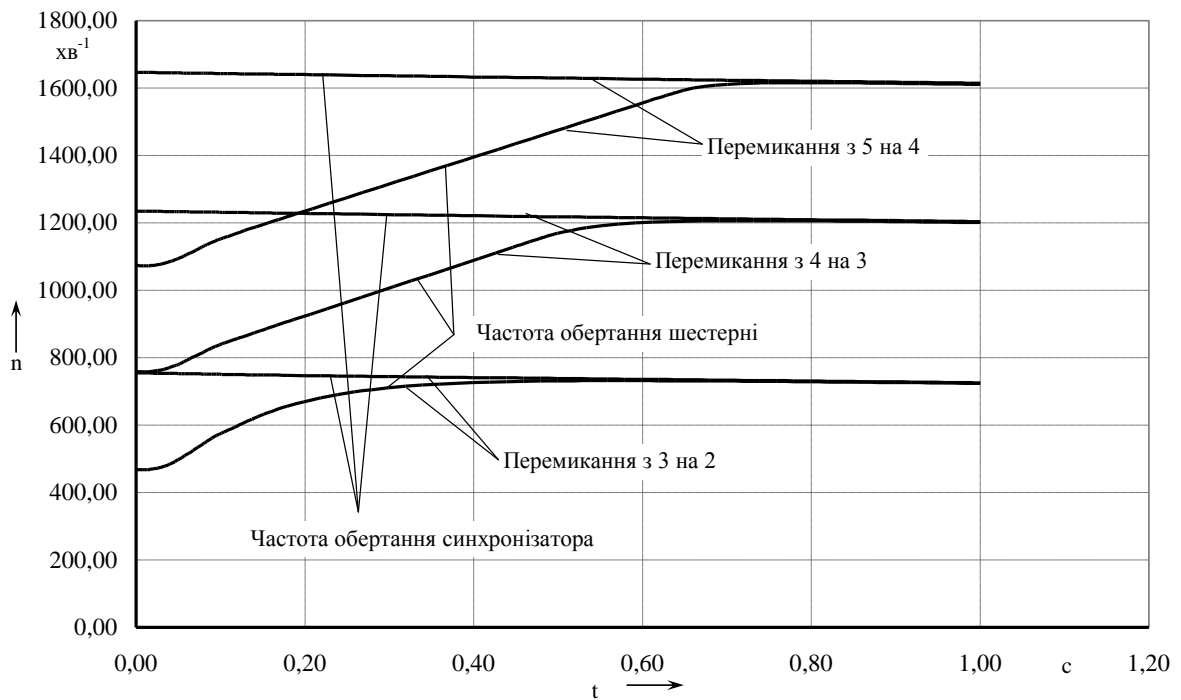


Рисунок 3.5 – Робочий процес перемикання з вищої передачі на нижчу

Одним з найбільш простих і дієвих способів зменшити час синхронізації є збільшення зусилля на синхронізаторі. Одночасно, щоб зберегти ресурс синхронізатора, необхідно збільшити площу тертя завдяки чому зменшується

питома робота буксування [57]. Робота, яка витрачається на вирівнювання кутових швидкостей (поглинання кінетичної енергії деталей, що обертаються) дорівнює:

$$L_c = 0,5 \cdot J_n \cdot (\omega_{i+1} - \omega_i)^2 \quad (3.2)$$

де

J_n – сумарний приведений момент інерції всіх деталей, пов'язаних з включеною шестернею (ведений диск зчеплення, шестерні, вали);

ω_i – кутова швидкість веденого вала на i - передачі в КП;

ω_{i+1} – кутова швидкість веденого вала на $(i + 1)$ передачі;

Виходячи з рівняння (3.2) можна зробити висновок, що робота буксування синхронізатора не залежить від часу синхронізації. Питома робота тертя, за величиною якої оцінюють працездатність синхронізатора визначається:

$$l_c = \frac{L_c}{A_a} \leq [l_c] \quad (3.3)$$

Використовувані залежності дозволяють повною мірою розглянути процес перемикання передач в КП з використанням синхронізатора. А також досліджувати цей режим роботи результати якого використані для моделювання роботи МПП.

3.3 Математична модель виконавчого механізму електромеханічного пристрою перемикання передач в механічній коробці передач

Будь який електропривод являє собою електромеханічну систему, що складається з трьох частин (рис. 3.6). Двигун (ЕД) як силовий елемент цієї системи є споживачем енергії. У механічну частину системи входить ротор електродвигуна, який має свій момент інерції, може обертатися з певною швидкістю і розвивати рушійний (гальмівний) момент [126].



ЕД– електродвигун, МПР– механізм перетворення руху, РО– робочий орган

Рисунок 3.6 – Елементи електроприводу як механічної системи.

За електродвигуном йде механізм перетворення руху (МПР) редуктор. Він дозволяє збільшувати або зменшувати швидкість обертання, змінювати вид руху – обертальний в поступальний. Механізм перетворення руху характеризується коефіцієнтом передачі, що є відношенням швидкості на вході до швидкості на виході, механічною інерційністю і пружністю його елементів, зазором і тертям. Робочий орган (РО) реалізує підведену енергію в корисну роботу. Найчастіше він є споживачем енергії, тоді її потік спрямований від двигуна до робочого органу див. рис.3.6. Іноді буває навпаки: потік енергії спрямований від робочого органу до двигуна, і перший є її джерелом. Робочий орган характеризується інерційністю, робочим моментом опору при обертанні або зусиллям при лінійному русі. Передача енергії від двигуна до робочого органу і назад пов'язана з її втратами в механічних ланках. Причина – тертя в підшипниках, направляючих, зубчастих передачах і т.п.

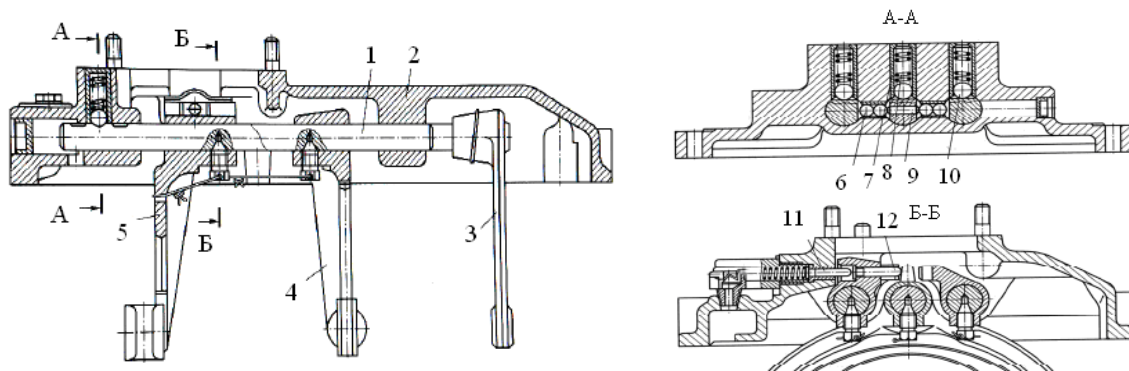
Двигуни постійного струму традиційно були основою регульованого електроприводу і широко застосовуються у всіх областях техніки. Двигуни постійного струму можуть мати незалежне, послідовне або змішане збудження. Залежно від схеми збудження істотно різняться і електромеханічні характеристики двигунів.

В конструкції МПП використовується двигун постійного струму з незалежним збудженням (постійними магнітами).

3.4 Теоретичні дослідження процесів, що відбуваються в електромеханічному пристрої перемикаччя

Переміщення зубчастої муфти або пересувного зубчастого колеса при перемикаччї передач проводиться за допомогою вилки, яка має коливальне або поступальне переміщення. В дослідній коробці передач реалізоване поступальне переміщення для вмикання необхідної передачі.

Вилки з поступальним переміщенням розташовуються на штоках (повзунах), що встановлюються в кришці коробки передач (рис. 3.7).



1 – повзун; 2 – кришка; 3–5 – вилки перемикаччя передач; 6 – кулька замкового пристрою; 7 – корпус фіксатора; 8 – пружина фіксатора; 9 – штифт; 10 – кулька фіксатора; 11 – шток; 12 – штовхач

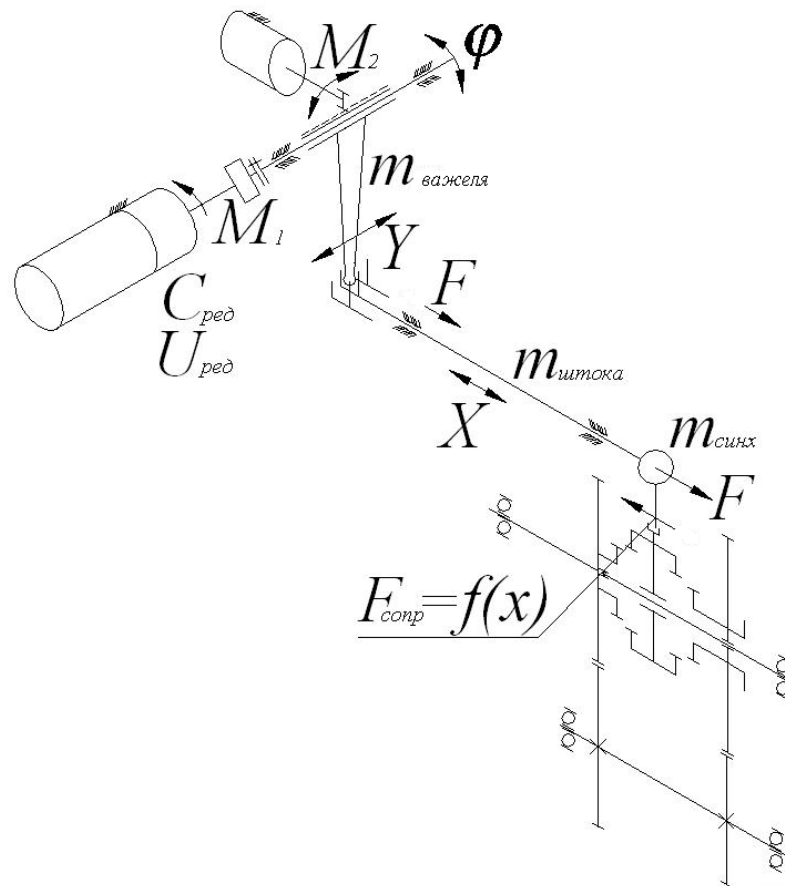
Рисунок 3.7 – Механізм перемикаччя передач

У відповідності зі спеціальними вимогами до ступінчастих коробок передач механічних трансмісій, механізм перемикаччя має пристрої для фіксації нейтральних положень, включеної передачі (фіксатори) і запобігання одночасного переміщення двох вилок (замок), а також запобіжник, що ускладнює переміщення важеля перемикаччя в положення, при якому може бути включеним задній хід, а іноді і перша передача. Ці допоміжні пристрої вводять додатковий опір при переміщенні повзунів при перемикаччї передач, який потрібно враховувати при створенні математичної моделі механізму перемикаччя.

Підчас пошукового експерименту механізм попередження включення першої та задньої передачі був демонтований з КП, так як він створював завади

для настроювання системи керування. При математичному моделюванні його вплив також не враховувався, так як в розроблюваній системі керування передбачалося своя функція захисту та попередження включенню задньої та першої передачі.

Для математичного моделювання роботи автоматизованого механізму перемикачів була складена розрахункова схема рис 3.8, яка враховує інерційні складові синхронізатора, штока повзуна, важеля перемикачів та електродвигуна. При цьому були прийняті наступні допущення: вал силового електродвигуна, важіль перемикачів, синхронізатор та вилка перемикачів передачі абсолютно жорсткі, а редуктор силового електродвигуна має кінцеву жорсткість.



M_1 — момент на вихідному валу силового електродвигуна; M_2 — момент на вихідному валу селекторного електродвигуна; $U_{ред}$ — передавальне число редуктора; $C_{ред}$ — жорсткість редуктора; φ — кут повороту вихідного валу силового електродвигуна; $m_{важ}$ — маса важеля перемикачів; $m_{штока}$ — маса штока перемикачів; $m_{синх}$ — маса синхронізатора

Рисунок 3.8 – Розрахункова схема.

Для математичного моделювання робочого процесу включення передачі наведемо спрощену розрахункову схему (рис. 3.9) яка відображає елементи силового мотор–редуктора, приведену до його валу інерційну масу та параметри руху системи.

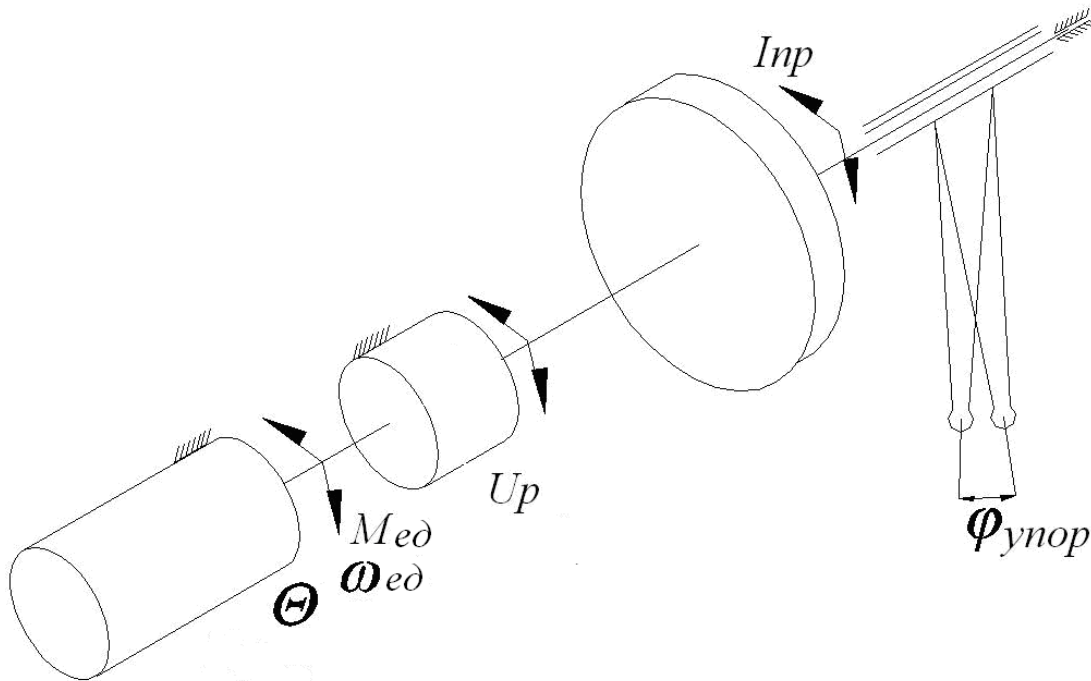


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема механізму керування коробкою передач для моделювання процесу включення та виключення передачі

Θ – кут повороту валу електродвигуна град.;

$\Phi_{упор}$ – просторово часова залежність обмеження руху повзуна зображена на (рис. 3.10) град.

U_p – передавальне число редуктора;

$I_{пр}$ – приведений сумарний момент інерції кг·м²;

M_{ed} – крутний момент на валу силового двигуна Н·м;

ω_{ed} – кутова швидкість обертання валу силового двигуна с⁻¹;

Фізична суть просторово часової залежності полягає в моделюванні блокуючого пристрою синхронізатора. Перша ділянка функції відповідає куту повороту важеля перемикавання передач в момент контакту поверхонь синхронізатора та початку синхронізації. Друга ланка відповідає куту повороту

важеля перемикання передач в момент упору в максимально крайнє положення після включення передач. Момент часу в який відбувається стрибко побідний перехід від першої ланки до другої відповідає моменту закінчення синхронізації який визначається ха математичною моделлю КП.

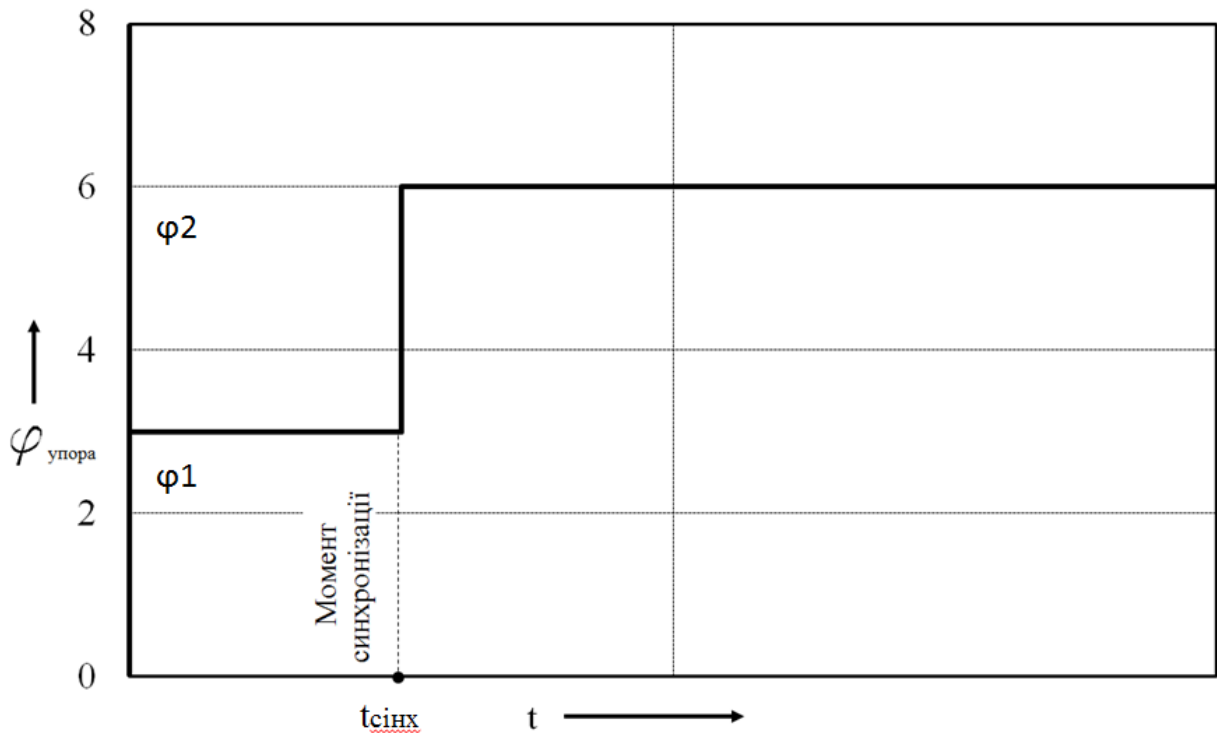


Рисунок 3.10 – Просторово часова залежність обмеження руху повзуна

Моделювання робочих процесів перемикання передач автоматизованим механізмом перемикання проводилося з урахуванням часу синхронізації, що визначався за допомогою системи рівнянь (3.1). Критерієм закінчення процесу синхронізації є рівняння $\omega_{ш} = \omega_{п}$. Відлік початку синхронізації визначається з моменту досягнення повзуном відповідного положення.

Побудуємо математичну модель силового електродвигуна. Вхідною величиною є напруга U_t , яка подається на якір, а в якості вихідної величини приймемо кут повороту Θ ротора. Розглядатимемо спрощену модель двигуна, нехтуючи такими другорядними ефектами, як гістерезис і падіння напруги на щітках, а також вважатимемо магнітне поле постійним [35]. Опір і індуктивність

кола якоря дорівнюють відповідно R_m і L_m .

Проти ЕРС $U(t)$, що виникає в обмотці якоря в результаті його обертання в магнітному полі, якщо магнітний потік вважати постійним, пропорційна швидкості обертання валу

$$U = K_m \frac{d\Theta}{dt}, \quad (3.4)$$

$$K_\tau = \frac{U_N - I_N R_a}{\omega_N} \quad (3.5)$$

$$K_m = \frac{\dot{\Theta}}{i} \quad (3.6)$$

Для кола якоря можна записати

$$\frac{di}{dt} = \frac{-R_m \cdot i - K_m \frac{d\Theta}{dt} + U(t)}{L_m}, \quad (3.7)$$

де K_τ і K_m – постійні коефіцієнти, які також залежать від певних фізичних властивостей електродвигуна [48, 52, 62, 87, 106, 122];

i – сила струму А.

Оскільки магнітний потік вважаємо постійним, момент на валу двигуна визначається з рівняння (3.8) [59].

$$M_{\text{аâäâ}} = K_\tau \cdot i. \quad (3.8)$$

Рівняння для опису механічної частини електродвигуна постійного струму має наступний вигляд

$$K_\tau \cdot i \cdot \eta = I_{\text{в}} \cdot \frac{d^2\Theta}{dt^2} \quad (3.9)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД).

Завершальне рівняння для механічної частини двигуна отримане на основі закону Ньютона :

$$\frac{d^2\Theta}{dt} = \frac{K_\tau \cdot i \cdot \eta - \Sigma M_{mp}}{I_{np}}, \quad (3.10)$$

де

$$\Sigma M_{mp} = M_{mp1} + M_{mp2}$$

Відповідно момент тертя підшипників валу електродвигуна та момент тертя у редукторі, механізмі керування та механізмі вибору передач коробки передач.

Момент тертя M_{mp1} у підшипниках електродвигуна визначається за залежністю (3.11).

$$M_{mp1} = k_{v1} \cdot \text{sign}\left(\frac{d\Theta}{dt}\right) \quad (3.11)$$

де

$k_{v1}=0,25$ – коефіцієнт пропорційності, Н·м.

Момент тертя M_{mp2} у редукторі, механізмі керування та механізмі вибору передач коробки передач визначається за залежністю (3.12).

$$M_{mp2} = k_{v2} \cdot \text{sign}\left(\frac{d\varphi}{dt}\right) \cdot \left|\frac{d\varphi}{dt}\right| \quad (3.12)$$

де

$k_{v2}=1$ – коефіцієнт пропорційності, Н·с·м·рад⁻¹.

Тепер з рівняння (3.10), (3.7) складемо кінцеву систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{di}{dt} = \frac{-R_m \cdot i - K_m \frac{d\Theta}{dt} + U(t)}{L_m} \\ \frac{d^2\Theta}{dt^2} = \frac{K_\tau \cdot i - \Sigma M_{mp}}{I_{np}} \end{cases} \quad (3.13)$$

Побудуємо Simulink–модель електродвигуна постійного струму (рис. 3.11).

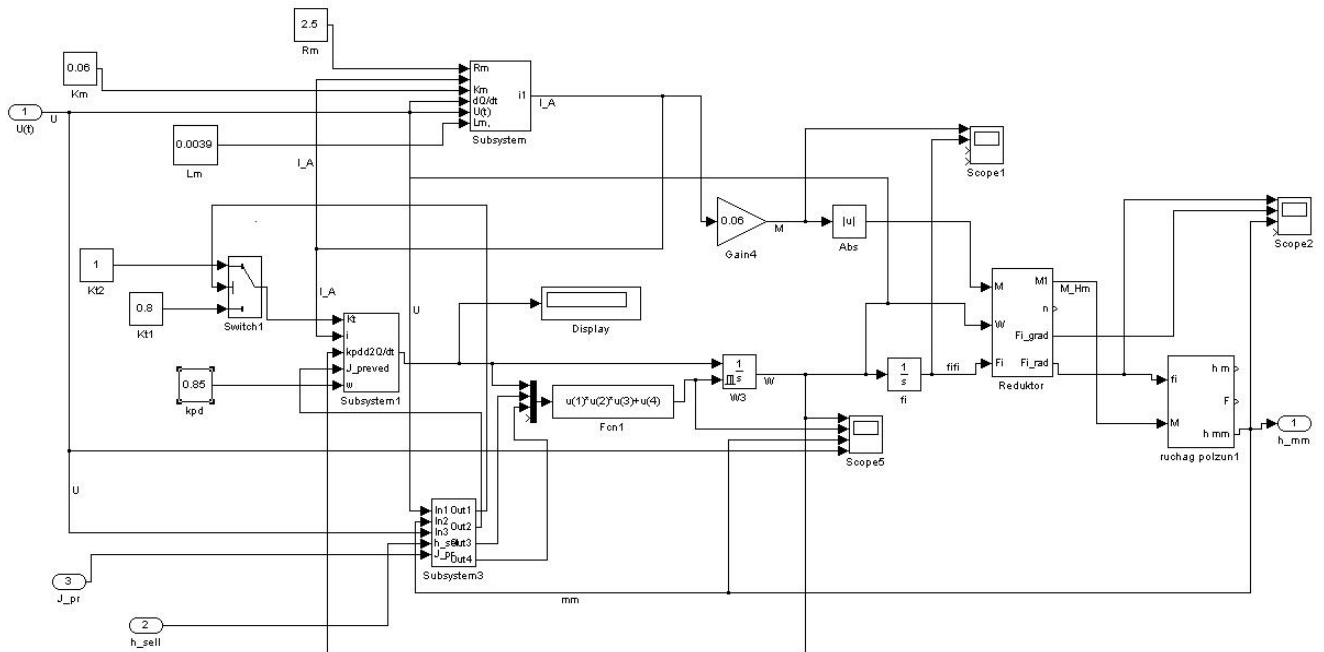


Рисунок 3.11 – Simulink–модель електродвигуна постійного струму

Побудована математична модель електродвигуна постійного струму була доповнена відповідною системою керування і пов'язана з розробленою моделлю коробки передач (рис. 3.12) [30].

При моделюванні характеристик роботи електродвигуна виникла проблема невідповідності сили струму та обертів якоря електродвигуна даним каталогу виробника на різних режимах роботи (табл. 3.2).

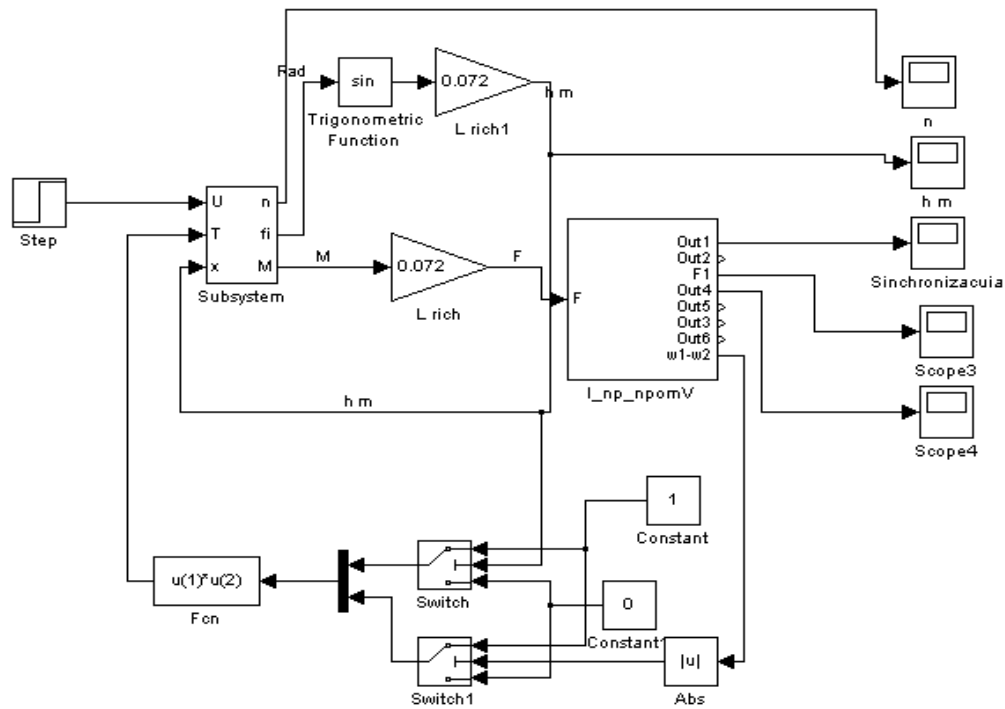


Рисунок 3.12 – Simulink – модель електродвигуна постійного струму з системою керування.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики електродвигунів

| Тип | Напруга живлення В | Швидкість обертання без нагрузки об/хв | Струм без нагрузки А | Швидкість обертання об/хв | Крутний момент кг*см | Вихідна потужність Вт | Робочий ток А | Пусковий струм А |
|-------------|-----------------------|--|-------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| Силовий | 24 | 3000 | 1.15 | 2500 | 3 | 77 | 4.6 | 20 |
| Селекторний | 24 | 4000 | 55 мА | 3000 | 100 г*см | 3.1 | 240мА | - |

Для усунення невідповідності було проведено налаштування моделі електродвигуна на 3 режимах роботи:

- режим пуску при нерухомому якорі двигуна;
- режим холостого ходу;
- режим номінального навантаження.

Дослідивши характер роботи моделі було виявлено, що невідповідність моделі параметрам виробника обумовлено коефіцієнтами K_m та K_T . А також

істотно впливає реактивний опір якоря R_m який також залежить від частоти обертання ротора двигуна. Шляхом експериментального пошуку були визначені залежності цих коефіцієнтів представлені на (рис. 3.13). Криві зміни описуються поліномами 4 ступеня:

$$R_m = 2E-12n^4 - 1E-0,8n^3 + 1E-05n^2 - 0,0021n + 1,1834; \quad (3.14)$$

$$K_\tau = 2E-05i^4 - 0,0008i^3 + 0,0145i^2 - 0,1028i + 0,3541; \quad (3.15)$$

$$K_m = 2E-16n^4 - 8E-13n^3 + 8E-10n^2 - 4E-06n + 0,01. \quad (3.16)$$

Підставивши отримані залежності в рівняння моделі силового електродвигуна були отримані результати які відповідають технічним даним двигуна. Змінні коефіцієнти, визначені розрахунковим методом, дозволили підвищити точність моделювання [81]. Точками на графіку (рис. 3.14) позначені величини, що відповідають паспортним даним.

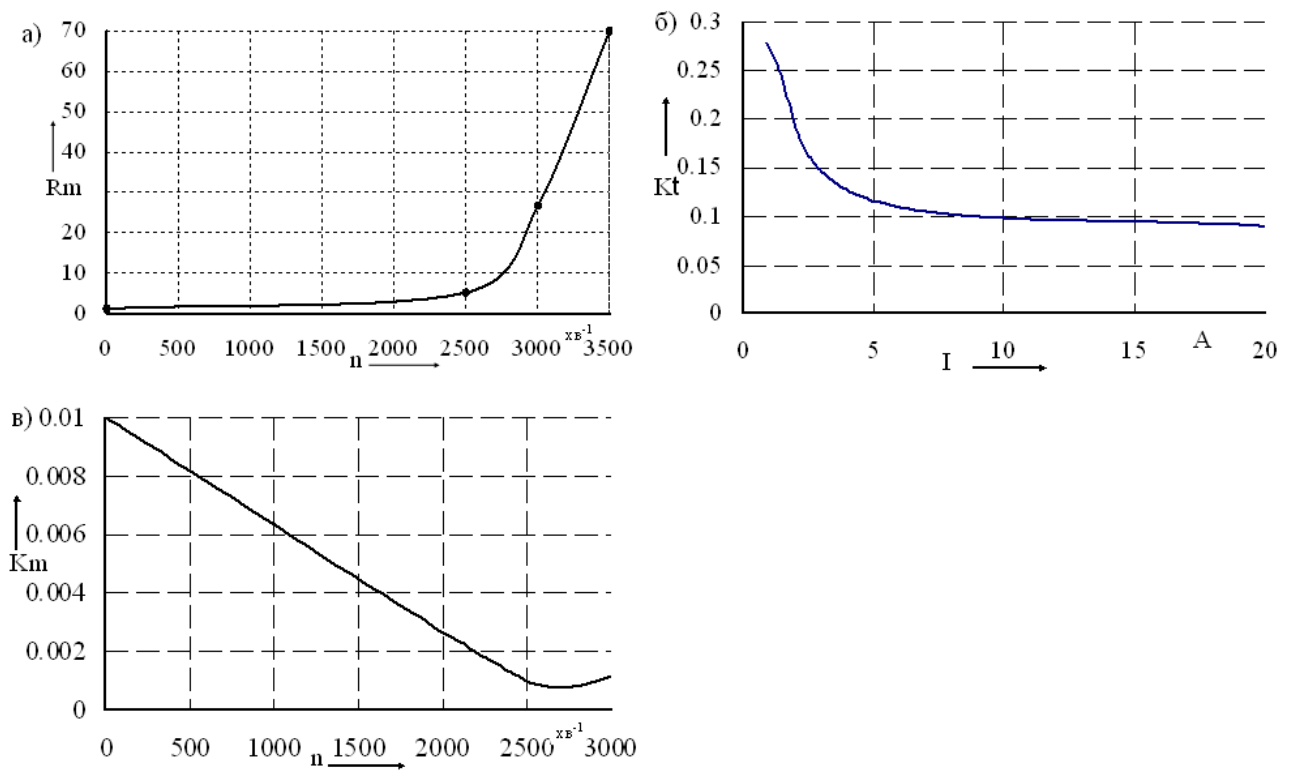


Рисунок 3.13 – Залежності коефіцієнтів K_m , K_τ , R_m

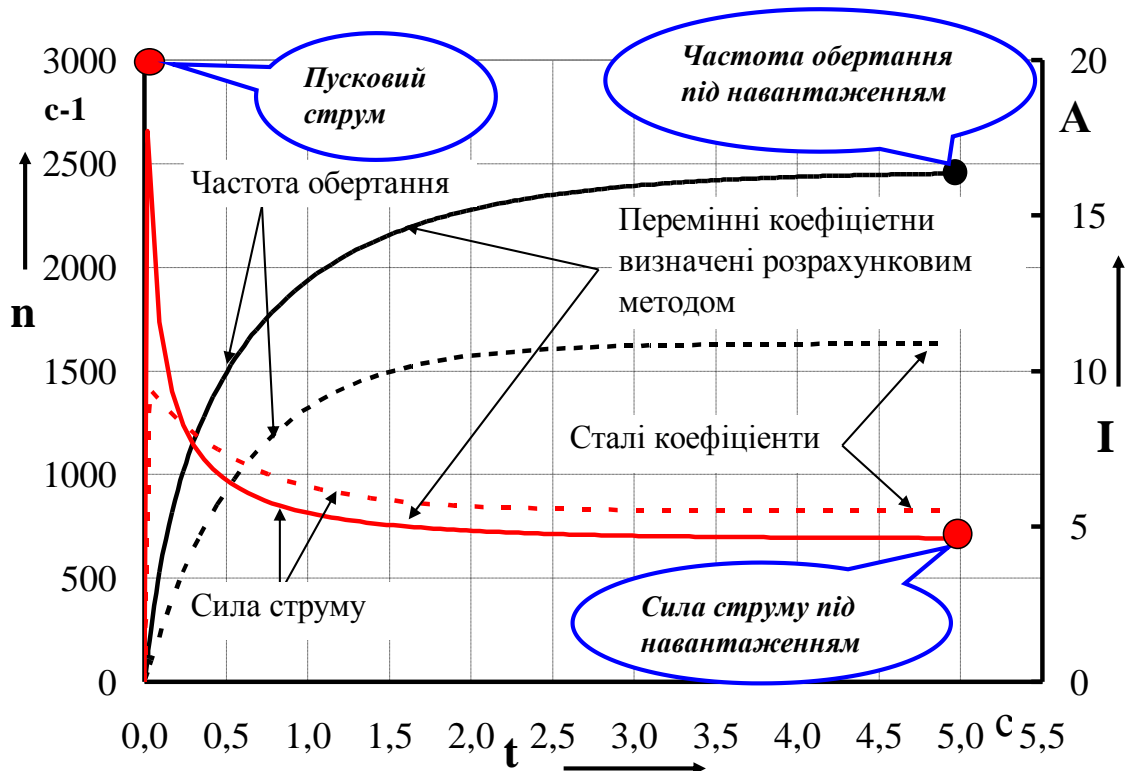


Рисунок 3.14 – Залежність частоти обертання та сили струму при різних коефіцієнтах K_m , K_t , R_m .

Так використовуючи постійні коефіцієнти при моделюванні пускового струму дорівнює 9,4 А, а швидкість обертання дорівнює 1630 с^{-1} , що відповідно становить 47% і 65,2% від паспортних даних. При моделюванні з використанням змінних коефіцієнтів отримано струм 17,7 А, що відповідає 88,5%, а також швидкість обертання 2452 с^{-1} , що відповідає 98% від паспортних даних.

3.5 Чисельні дослідження процесів перемикання передач, що відбуваються в електромеханічному пристрої перемикання

Функцією системи керування є зміна вхідного сигналу на двигуні залежно від потрібної для включення передачі, а також чітке позиціонування важеля механізму перемикання.

Під час перемикання передач важіль під дією силового двигуна постійного струму повертається і переміщує повзун коробки передач разом з вилкою. При цьому відбувається переміщення синхронізатора до моменту торкання конусних

поверхонь після чого починається процес синхронізації. Під час синхронізації важіль зупиняється у зв'язку з блокуванням синхронізатора і натискає на нього з постійним зусиллям, під час цього процесу живлення з двигуна не знімається і сила струму не обмежується. Коли процес синхронізації закінчиться, і кутові швидкості валу і шестерні зрівняються важіль перемістить синхронізатор і станеться вмикання передачі.

Команда про включення передачі поступає з датчика зворотного зв'язку і відбувається знеструмлення силового двигуна. На рис 3.15 приведений робочий процес включення передачі без обмеження струму на електродвигуні що призводить до перевантаження синхронізатора. Позитивною стороною цього процесу є досить швидке включення передачі.

Зусилля на важелі механізму перемикавання пропорційні моменту на валу електродвигуна, який визначається за моделлю (3.13) з урахуванням довжини важеля та передавального числа редуктора.

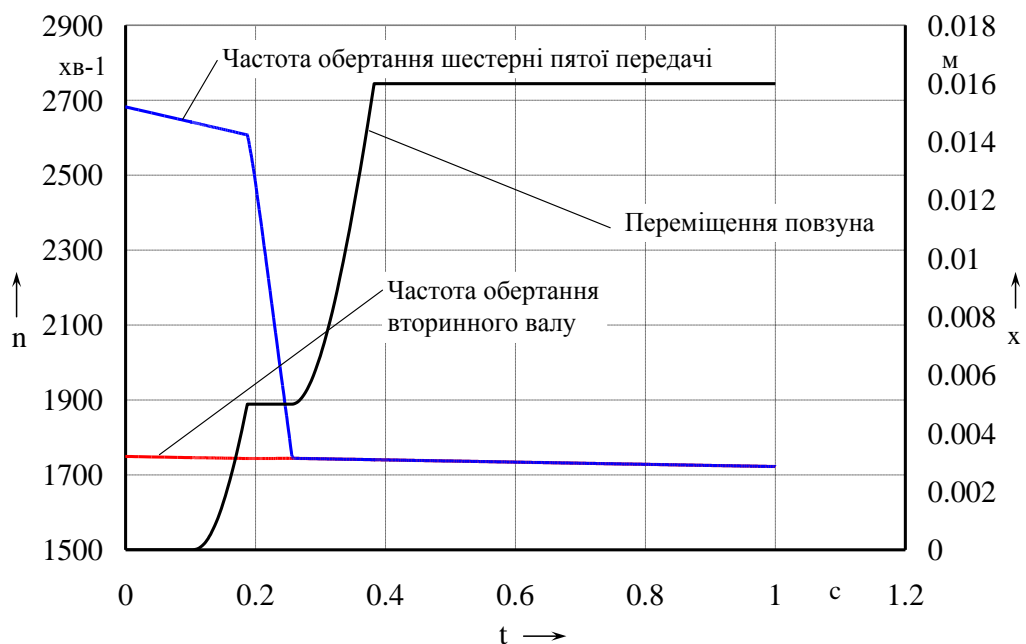


Рисунок 3.15 – Робочий процес руху повзуна під час включення передачі без обмеження струму якоря

Зменшення навантаження на синхронізатор відбувається за рахунок обмеження струму на електродвигуні (рис. 3.16). Це приведе до збільшення часу

перемикання, але добре позначиться на тривалості роботи синхронізатора. Відповідно до обмежень навантаження на синхронізатор за критерієм довготривалої роботи були визначені значення допустимої сили струму для кожної передачі та напрямку перемикання (рис. 3.17) табл.3.3.

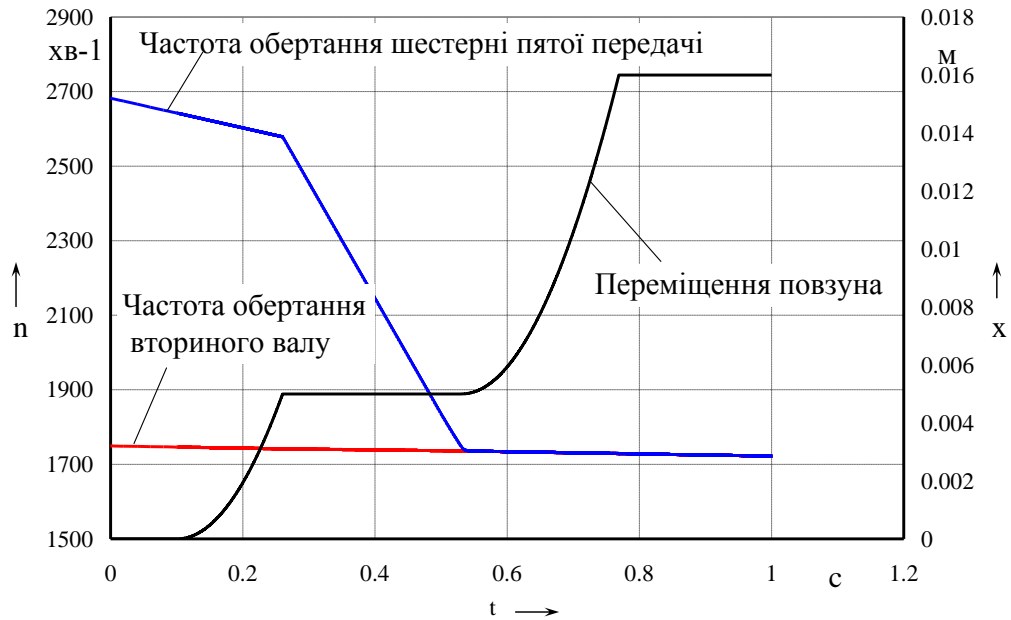


Рисунок 3.16 – Робочий процес руху повзуна під час включення передачі з обмеженням струму якоря на рівні 10 А

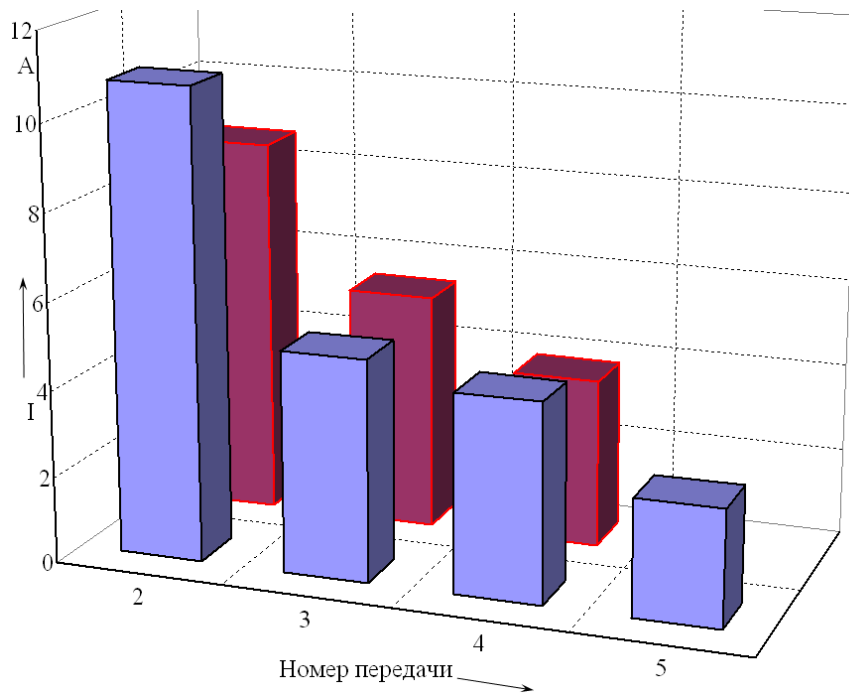


Рисунок 3.17 – Регуляторна характеристика силового електричного двигуна для двох напрямків перемикання передач

Таблиця 3.3 – Зусилля та сила струму при перемиканнях передач

| № передачі | I А. | Pс Н. |
|---------------|-------|-------|
| I > II | 10.8 | 924 |
| II < III | 8.7 | 743 |
| II > III | 5.1 | 448 |
| III < IV | 5.45 | 476 |
| III > IV | 4.575 | 406 |
| IV < V | 3.88 | 353 |
| IV > V | 2.69 | 296 |

Використання в моделі двох електродвигунів силового та селекторного дозволило моделювати також процес перемикання у відповідності до схеми включення передачі та алгоритмів керування (рис. 3.18), з урахуванням переміщення важеля з одного повзуна на інший.

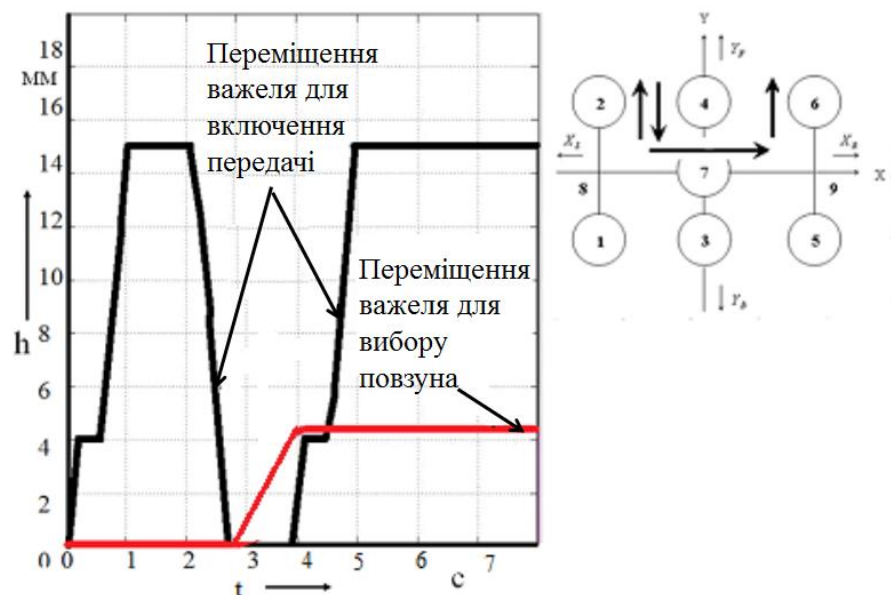


Рисунок 3.18 – Процес руху важеля перемикання по заданому при моделюванні алгоритму

Отримані при моделюванні залежності переміщення повзуна при включенні передачі були зіставлені з відповідними залежностями отриманими при проведенні пошукового експерименту (рис. 3.19). Аналіз залежностей показав неможливість опису виявленого ефекту прискореного руху повзуна при включенні, використовуючи розроблену математичну модель. Оскільки на процес прискореного переміщення повзуна не впливає ні електродвигун, ні конструкція КП залишається припустити, що на даний ефект впливає редуктор силового електродвигуна, а саме його жорсткість.

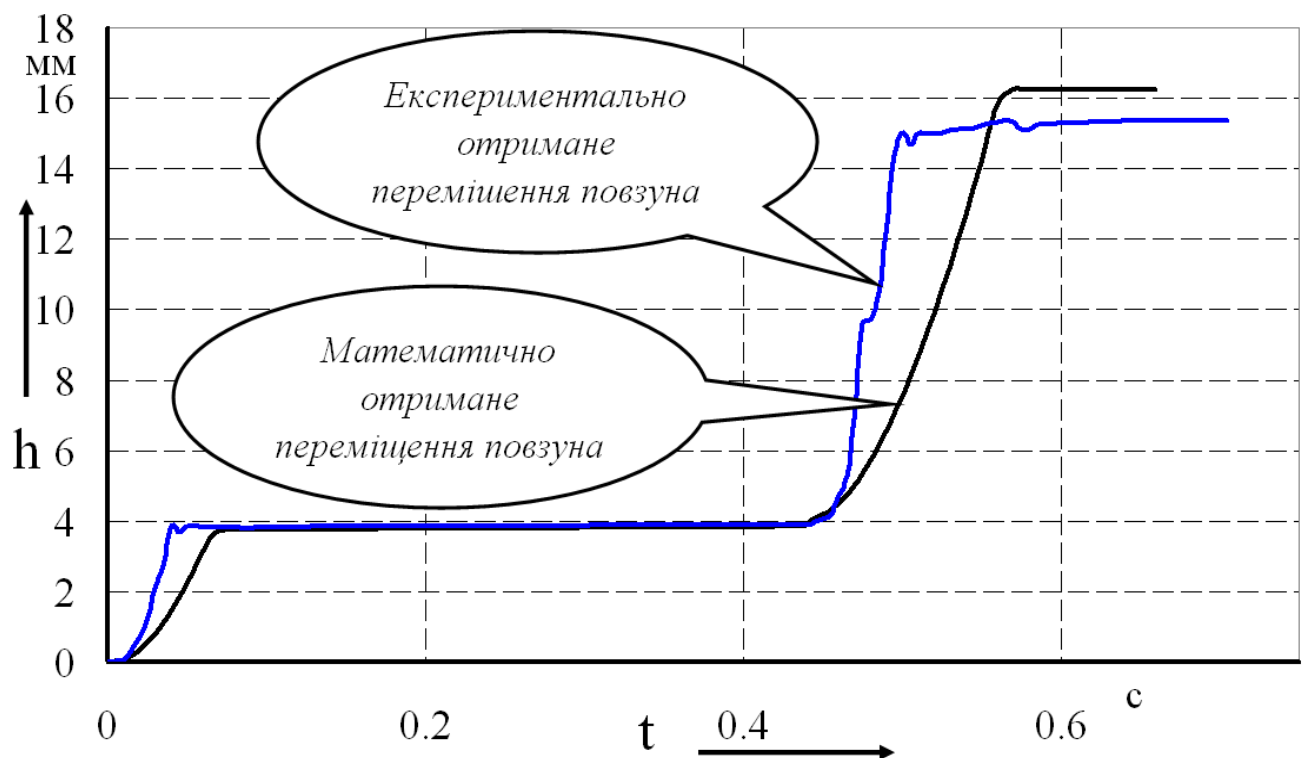


Рисунок 3.19 – Порівняння експериментально отриманого з математично змодельованим переміщення повзуна.

Спираючись на результати пошукового експериментального дослідження та враховуючи висунуту гіпотезу про вплив крутильної жорсткості редуктора силового електродвигуна на процес включення передачі, була опрацьована розрахункова схема (рис. 3.20) включення передачі з урахуванням жорсткості редуктора силового електродвигуна, інерційної маси $I_{пр}$ яка відповідає інерційним масам деталей, що поступово рухаються, силового двигуна як ір

якого має свій момент інерції, а також редуктора з передавальним числом та жорсткістю.

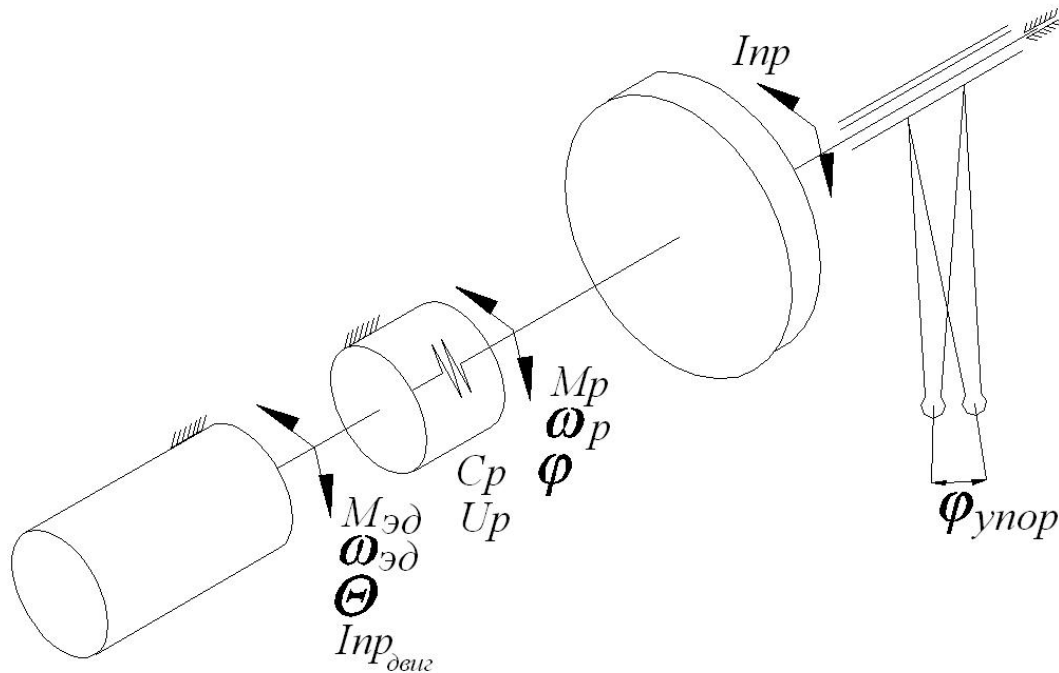


Рисунок 3.20 – Розрахункова схема механізму керування коробкою передач для моделювання процесу включення та виключення передачі

де:

Θ – кут повороту валу електродвигуна, град.;

$\varphi_{упор}$ – просторово часова залежність обмеження руху повзуна, град.;

C_p – жорсткість редуктора, Н·м;

U_p – передавальне число редуктора;

φ – кут повороту вихідного валу редуктора, град.;

$I_{пр}$ – приведений сумарний момент інерції, кг·м²;

$I_{пр\ двиг}$ – приведений момент інерції ротора силового двигуна, кг·м²;

$M_{эд}$ – крутний момент на валу силового двигуна, Н·м;

$\omega_{эд}$ – кутова швидкість обертання валу силового двигуна, с⁻¹;

M_p – крутний момент на вихідному валу редуктора силового електродвигуна, Н·м;

В системі рівнянь було враховано також тертя в з'єднаннях (3.17).

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{di}{dt} = \frac{-R_m \cdot i - K_m \frac{d\Theta}{dt} + U(t)}{L_m} \\ \frac{d^2\Theta}{dt^2} = \frac{K_\tau \cdot i - M_{mp1} - \frac{C_p \cdot \left(\frac{\Theta}{10} - 10 \cdot \varphi\right)}{10}}{I_{продвиг}} \\ \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{C_p \cdot \left(\frac{\Theta}{10} - 10 \cdot \varphi\right) \cdot 10 - C_{упор} \cdot \varphi - \varphi_{упор} - M_{mp2} + M_{фіксатора}}{I_{пр}} \end{array} \right. \quad (3.17)$$

де

i – сила струму на обмотках електродвигуна, А;

R_m – активний опір якірного кола, Ом;

L_m – індуктивність якірного кола, Гн;

K_m – коефіцієнт пропорційності між швидкістю обертання і ЕРС;

K_τ – коефіцієнт пропорційності між електромагнітним моментом та струмом якоря;

$C_{упор}$ – жорсткість упору, Н·м;

$U(t)$ – напруга живлення електродвигуна, В.;

Θ – кут повороту вала електродвигуна, град;

$\varphi_{упор}$ – просторово часова залежність обмеження руху повзуна, град;

C_p – жорсткість редуктора, Н/мм;

U_p – передавальне число редуктора;

φ – кут повороту вихідного вала редуктора, град;

$I_{пр}$ – приведений сумарний момент інерції, кг·м²;

$I_{пр\ двиг}$ – приведений момент інерції ротора двигуна, кг·м²;

$M_{тр}$ – момент тертя, Н·м;

$M_{фіксатора}$ – момент опору фіксатора, Н·м;

Коефіцієнти K_m , K_τ , R_m визначаються по залежностям (3.14–3.16) та зображені на рисунку 3.13. Визначення жорсткості редуктора C_p описано в

підрозділі 3.6. Момент опору фіксатора $M_{\text{фіксатора}}$ приведений до валу електродвигуна описуються залежністю яка наведена на рисунку 3.21.

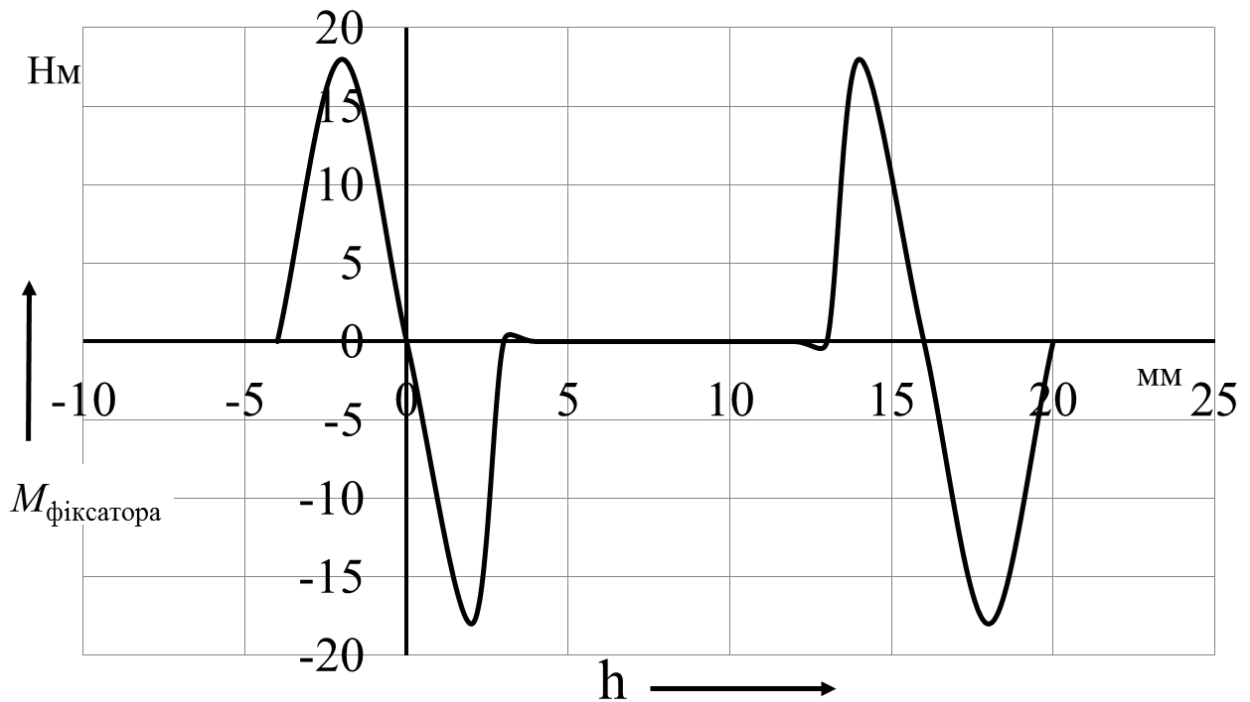


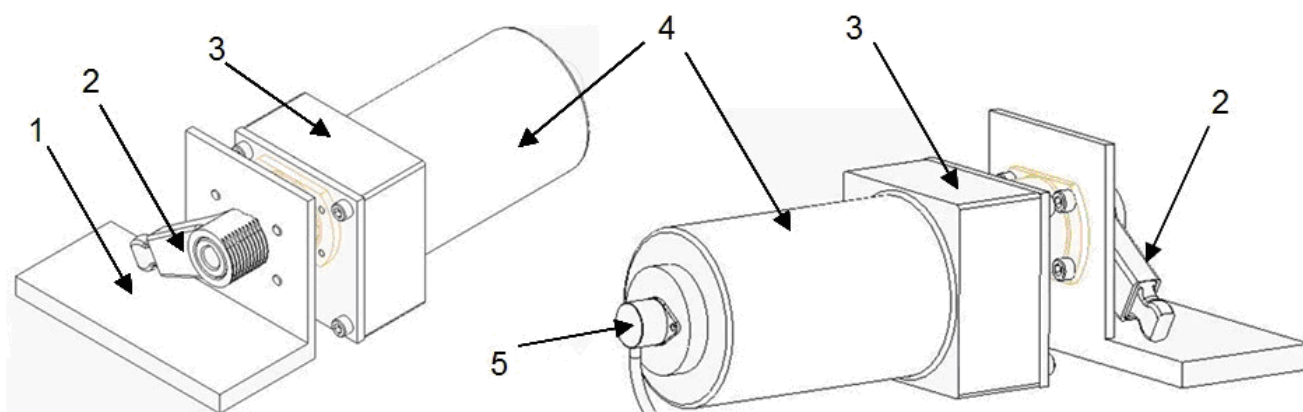
Рисунок 3.21 – Залежність приведенного моменту опору фіксатора

Моделювання вмикання передачі здійснювалося в межах 0...20 мм. Додатні числа відповідають режиму входу кульки фіксатора в лунку на повзуні, а відємні виходу із лунки.

Моменти тертя M_{mp1} та M_{mp2} визначаються за залежностями (3.11) та (3.12).

3.6 Визначення жорсткості редуктора силового електродвигуна

Для визначення жорсткості редуктора силового електродвигуна був зібраний експериментальний стенд (рис 3.22). Який складається зі станини, силового електродвигуна з редуктором на вихідному валу якого жорстко закріплено важіль перемикавання передач. На роторі електродвигуна встановлено датчик кута повороту для визначення кута його закрутки. Інший кінець важеля перемикавання жорстко опирається на станину. Таким чином виключається вплив зазорів в механізмі керування коробкою на рух валу якоря.



1 – станина станда; 2 – важіль перемикання передач; 3 – редуктор;
4 – електродвигун; 5 – датчик частоти обертання.

Рисунок 3.22 – Загальний вид станда для визначення крутильної жорсткості

Під час випробувань важіль перемикання блокувався нерухомо і на обмотки електродвигуна подавалась різна сила струму. При цьому за допомогою датчика фіксувався кут повороту вала електродвигуна. За отриманими результатами вимірювань була побудована залежність кута закрутки вала силового електродвигуна від сили струму на його обмотках (рис. 3.23).

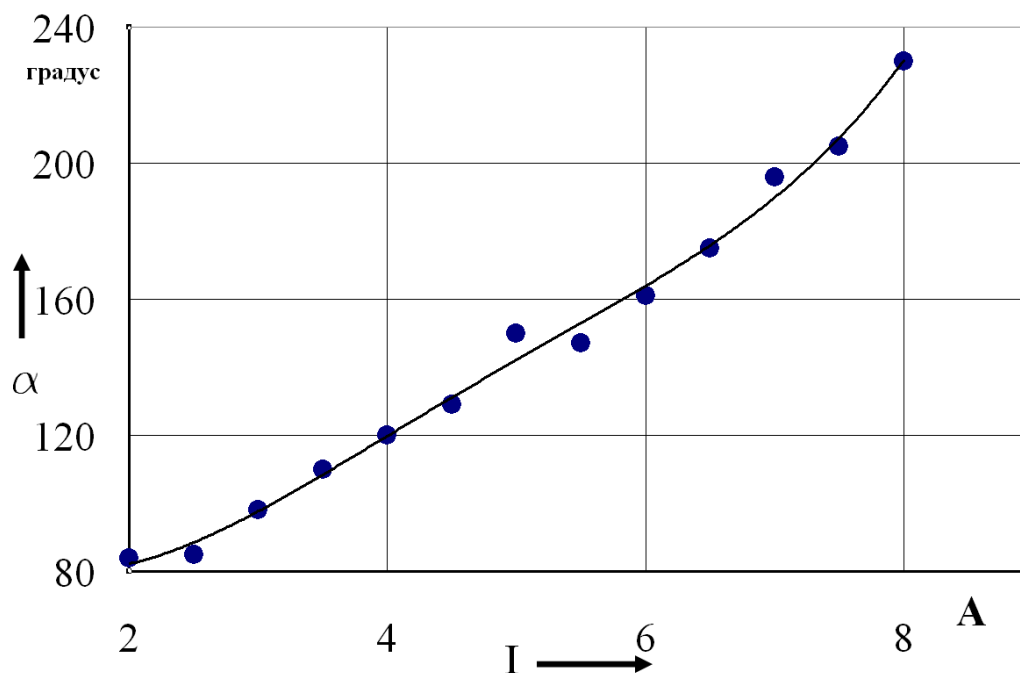


Рисунок 3.23 – Залежність кута закручування вала від сили струму

За отриманою залежністю була розрахована жорсткість редуктора силового електродвигуна механізму автоматизованого перемикачя передач яка дорівнювала $C_p=29$ Н/градус, та в подальшому враховувалася при моделюванні роботи механізму. Результати математичного моделювання отримані при цьому мають допустиме співпадіння з результатами експериментального дослідження (рис. 3.24)

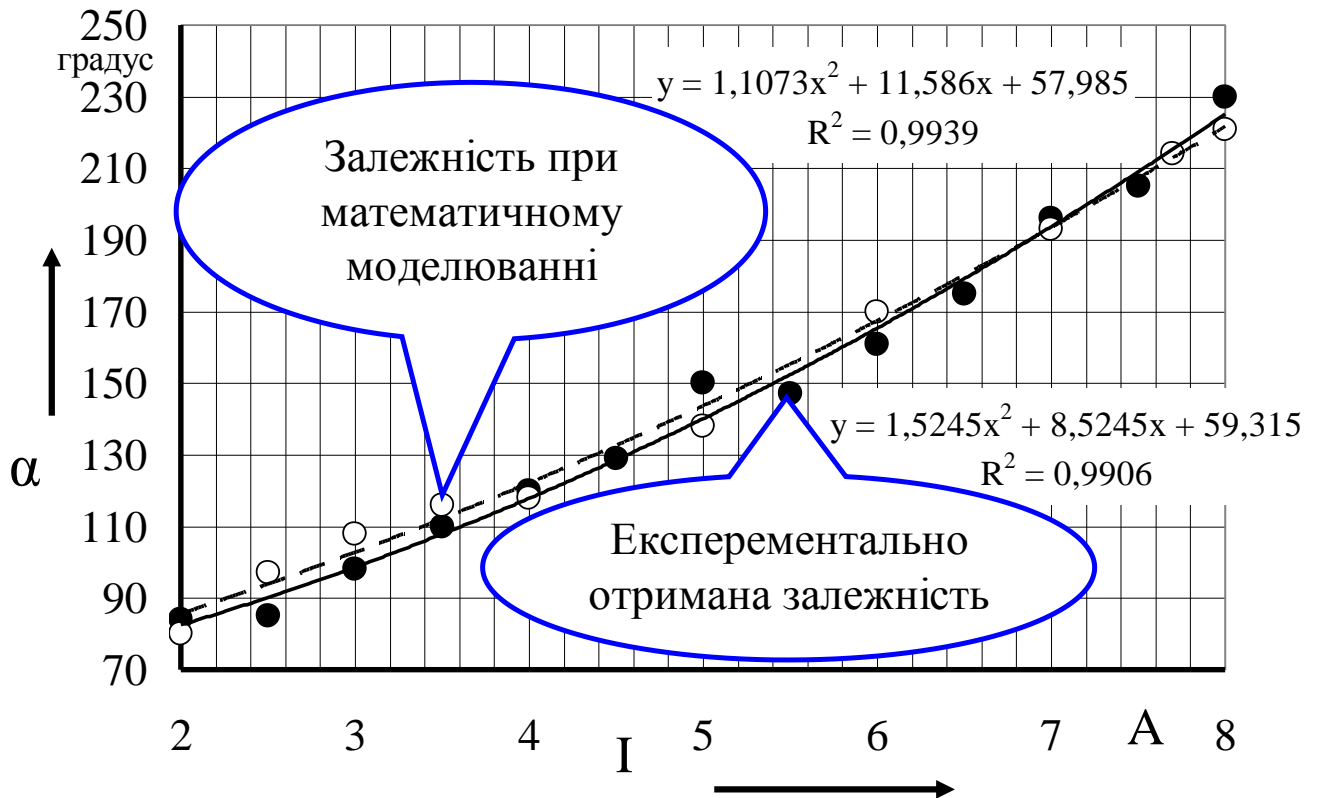


Рисунок 3.24 – Накладення результатів експериментальних досліджень та математичного моделювання

Використовуючи в процесі моделювання різну жорсткість редуктора силового електродвигуна були отримані залежності кутів повороту ротора електродвигуна відносно валу редуктора (важеля перемикачя), які мають наступний вид (рис. 3.25). По залежності видно як змінюються кути закручування при різній жорсткості.

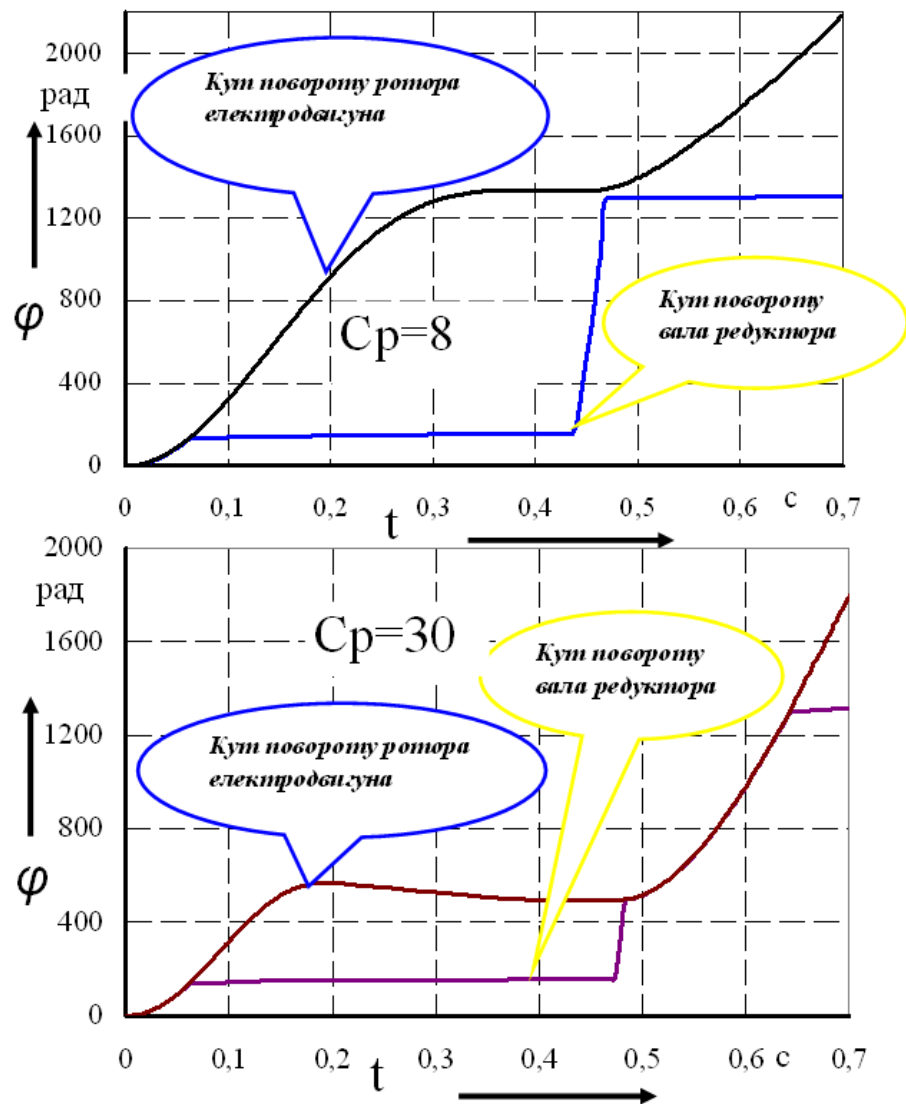


Рисунок 3.25 – Характер зміни кутів закручування ротора електродвигуна відносно вала редуктора.

Провівши моделювання системи з різною жорсткістю редуктора було розкрита та пояснена природа прискореного руху повзуна КП після процесу синхронізації. В процесі синхронізації редуктор силового електродвигуна, який має певну жорсткість, дозволяє валу електродвигуна повернутися на деякий кут відносно нерухомого вала важеля перемикавання. Після закінчення синхронізації відбувається різке зростання швидкості переміщення важеля з повзуном та синхронізатором відносно закрученого на редукторі вала електродвигуна через суттєву різницю в інерційності. Після вирівнювання їх положень відбувається взаємне паралельне переміщення (рис. 3.26) оскільки зусилля, що виникають у системі не викликають суттєвої закрутки редуктора.

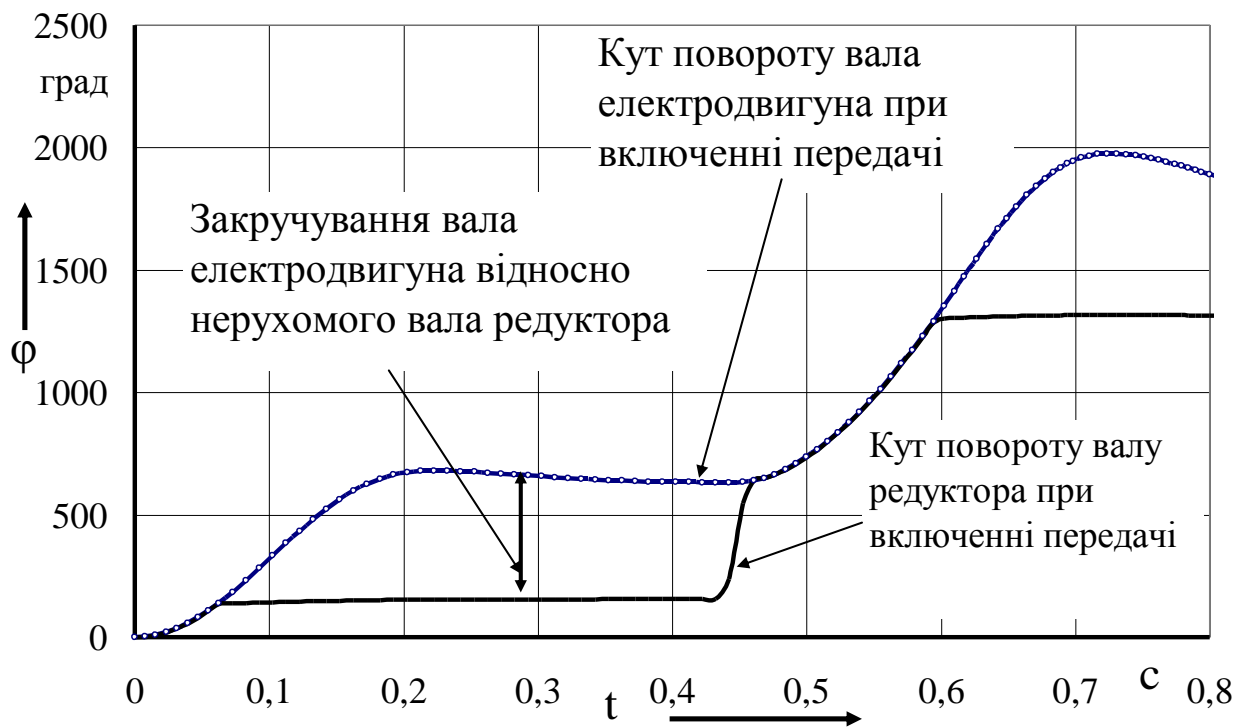


Рисунок 3.26 – Динаміка повороту важеля перемикачів передач із врахуванням жорсткості редуктора силового електродвигуна

Виразений процес закрутки редуктора має місце не тільки на етапі синхронізації, а й при повному включенні передачі. На відміну від етапу синхронізації, де закрутка має позитивний ефект, на етапі повного вмикання передачі закрутка валу електродвигуна призводить до негативних наслідків, а саме самовільного вимкнення передачі. Що було зафіксовано при пошуковому експерименті (рис. 2.25).

Висновки до розділу

1. Спираючись на проведені дослідження була розроблена математична модель руху транспортного засобу з механічною КП яка дозволяє проводити моделювання процесу перемикачів передач та визначити час синхронізації за різних дорожніх умов.

2. Співставлення попередніх теоретичних та пошукових досліджень показало неможливість математичного описання процесу прискореного

переміщення повзуна після етапу синхронізації. Відповідно до цього була висунута гіпотеза про вплив жорсткості редуктора силового електродвигуна на динаміку переміщення повзуна.

3. Шляхом експериментального дослідження встановлено наявність суттєвого впливу жорсткості редуктора силового електродвигуна на робочий процес вмикання передачі. Визначена реальна жорсткість редуктора силового електродвигуна експериментального електромеханічного механізму перемикання передач яка склала $29 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$. Встановлено залежність між струмом в обмотках силового електродвигуна та кутом закрутки його редуктора, який може перевищувати 200° .

4. Використання відомих рівнянь для математичного опису роботи силового електродвигуна показало низьку точність результатів розрахунків в порівнянні з паспортними даними цього електродвигуна: по струму до 47%, і швидкості обертання до 65,2% від експериментальних даних.

5. Під час теоретичних досліджень уточнено залежності для визначення коефіцієнтів пропорційності які використовуються при математичному моделюванні роботи силового електродвигуна. Використання змінних коефіцієнтів пропорційності, при моделюванні роботи електродвигуна, дозволяє підвищити точність моделювання по струму до 88,5%, і швидкості обертання до 98% від експериментальних даних.

6. Дослідження характеристик силового електродвигуна дозволило визначити допустимі величини струму під час синхронізації на кожній передачі за критерієм дозволеного навантаження на синхронізатор.

Результати досліджень були опубліковані [31, 84, 113, 114].

РОЗДІЛ 4

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО
МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ КОРОБКОЮ ПЕРЕДАЧ

4.1 Опис впливу крутильної жорсткості редуктора силового електродвигуна на динамічні складові процесу перемикання передач

Моделювання динаміки вмикання передачі з різною жорсткістю редуктора силового електродвигуна показало (рис. 4.1), що із збільшенням жорсткості редуктора зменшується ефект прискорення повзуна після синхронізації.

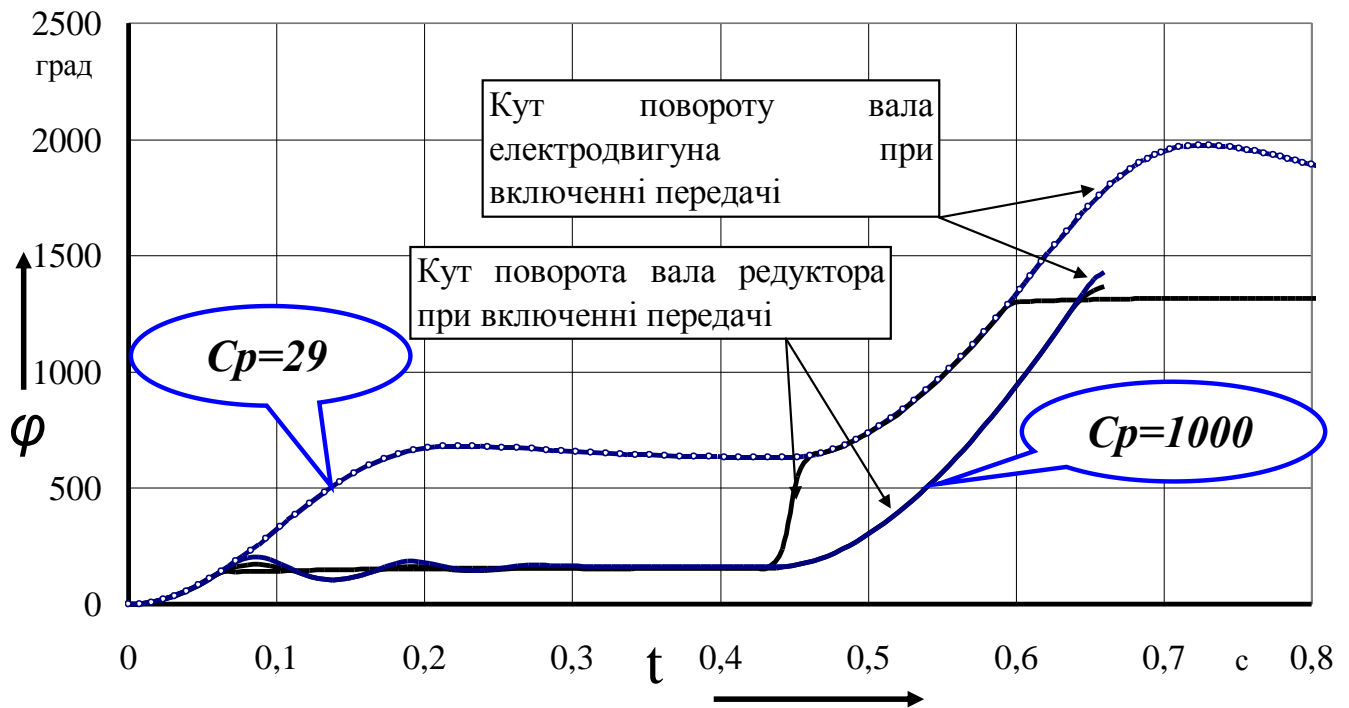


Рисунок 4.1 – Результати математичного моделювання вмикання передачі із різними параметрами редуктора

Аналізуючи результати математичного моделювання процесу вмикання передачі необхідно звернути увагу на процес руху важеля перемикання при абсолютно жорсткому редукторі силового електродвигуна ($C_p = 1000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$). На початковому етапі видно коливальний характер руху важеля, тому розглянемо цю ділянку більш детально на (рис. 4.2).

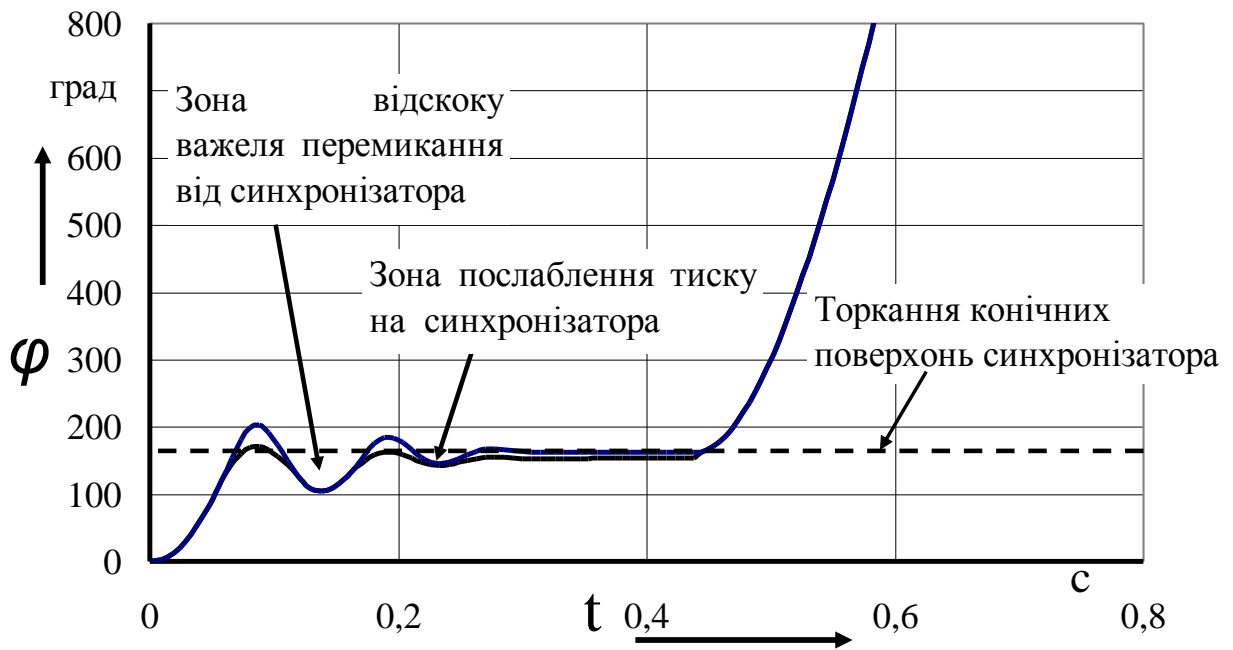


Рисунок 4.2 – Дослідження процесу включення передачі при абсолютно жорсткому редукторі силового електродвигуна

Так в силу високої жорсткості редуктора після торкання конічних поверхонь синхронізатором виникає відскок важеля перемикавання, а на ділянці після 0,2 с. виникає повторний зворотній рух важеля, що призводить до короточасного зниження зусилля на синхронізатор. Ці явища, в свою чергу, негативно впливають на динаміку перемикавання передачі, а саме збільшується час вмикання необхідної передачі. Також при цьому повністю відсутня ділянка прискореного руху важеля після синхронізації при включенні передачі. Тому для опису прискореного руху важеля перемикавання було проведено серію досліджень динаміки вмикання передач при різних жорсткостях редуктора силового електродвигуна (рис. 4.3).

Слід також зазначити що відсутність жорсткого зв'язку між електродвигуном та важелем запобігає повній зупинці ротора електродвигуна на етапах синхронізації та повного включення передачі. Як відомо повна зупинка якоря електродвигуна постійного струму під навантаженням негативно впливає

на стан його колектора по причині іскроутворення [35]. Наявність жорсткості дозволяє ротору електродвигуна знаходитися у постійному русі (рис. 3.24).

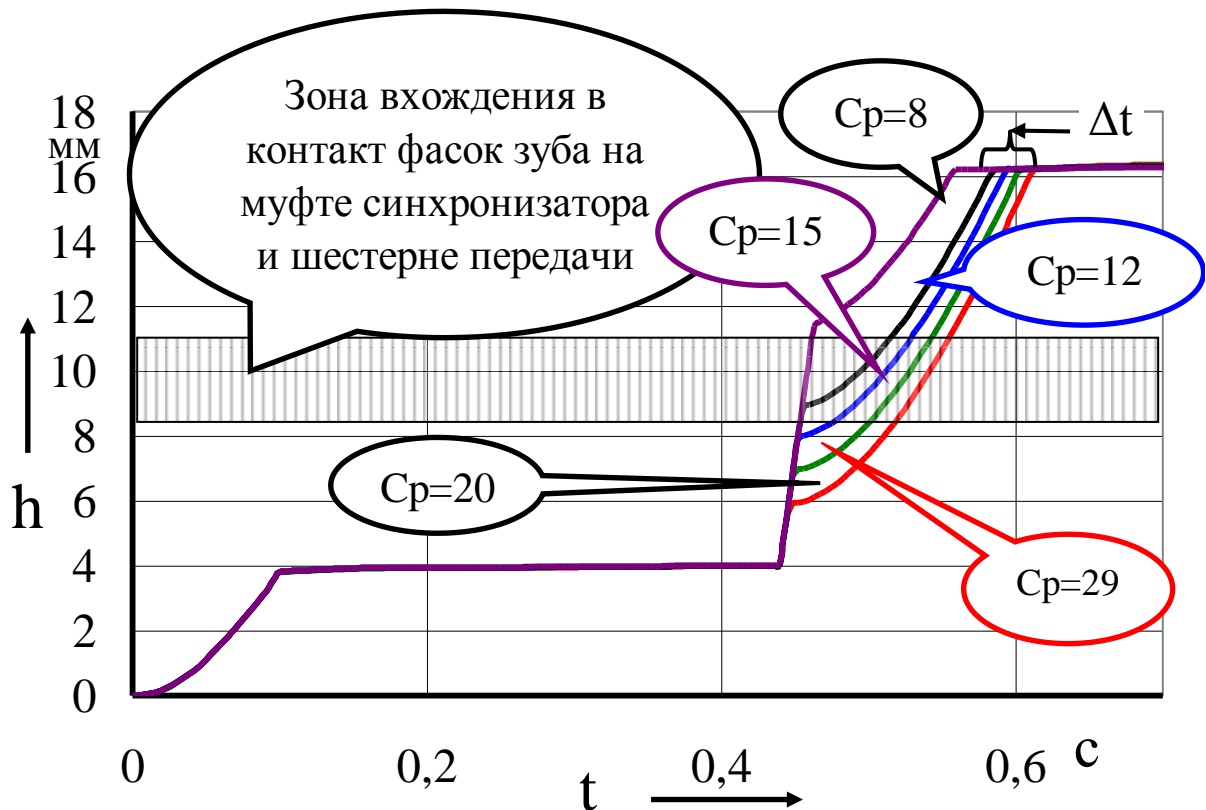


Рисунок 4.3 – Результати математичного моделювання вмикання передач із різними параметрами редуктора

Ефект прискореного переміщення повзуна пов'язаний із відсутністю необхідності розганяти усю інерційну систему разом з якорем електричного двигуна. При зменшенні жорсткості редуктора важіль перемикавання передач, разом із повзуном та муфтою синхронізатора, навздогоняє якорь електродвигуна оскільки останній переміщується далі ніж мав би переміститися при абсолютно жорсткому кінематичному зв'язку. Таким чином зменшення жорсткості редуктора позитивно впливає на швидкодію механізму керування коробкою передач. Однак як показано на (рис. 4.3) суттєве зменшення жорсткості редуктора може призвести до виникнення ударних навантажень на зуби муфти які контактують під час замикавання синхронізатора (рис. 4.4). Таким чином, відповідно до результатів моделювання, доцільно мати жорсткість редуктора яка

не дозволить прискоритись повзуну далі ніж початок зони контакту зубів муфти синхронізатора.

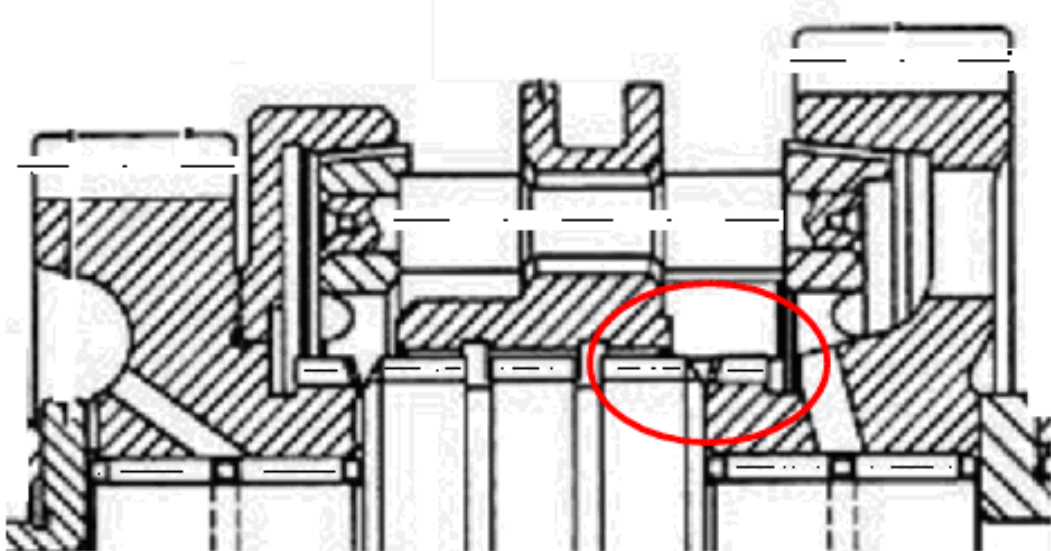


Рисунок 4.4 – Зубці синхронізатора які можуть сприймати підвищенні навантаження при зменшенні жорсткості редуктора

Опираючись на результати математичного моделювання встановлено, що жорсткість редуктора силового електродвигуна не повинна бути меншою за $15 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ відповідно до критерія виключення ударних навантажень на зубці муфти. Побудовані залежності, які описують зону прискореного руху важеля та скорочення часу руху повзуна від жорсткості редуктора, ці залежності описуються поліномами 3-го порядку (4.1), (4.2) та зображені на (рис. 4.5)

$$\Delta h = -0,0003C_p^3 + 0,026C_p^2 - 0,8667C_p + 11,842 \quad (4.1)$$

$$\Delta t = -0,035\ln(C_p) + 0,0761 \quad (4.2)$$

По залежності видно що при зменшенні жорсткості нижче $15 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ величина зони прискореного руху суттєво збільшується, що призведе до удару при включенні передачі.

Проведений аналіз експериментальних досліджень роботи механізму керування коробкою передач дозволяє стверджувати, що на кожній передачі рівень прискорення повзуна свій (рис. 2.23) це пов'язано з різною допустимою силою на синхронізатори різних передач. Так жорсткість редуктора повинна становити значення яке задовольнить всі передачі. Як вже було згадано раніше корегування зусилля на кожній передачі, а значить і ступінь прискорення після закрутки редуктора можна регулювати силою струму у обмотці електродвигуна (рис. 3.15).

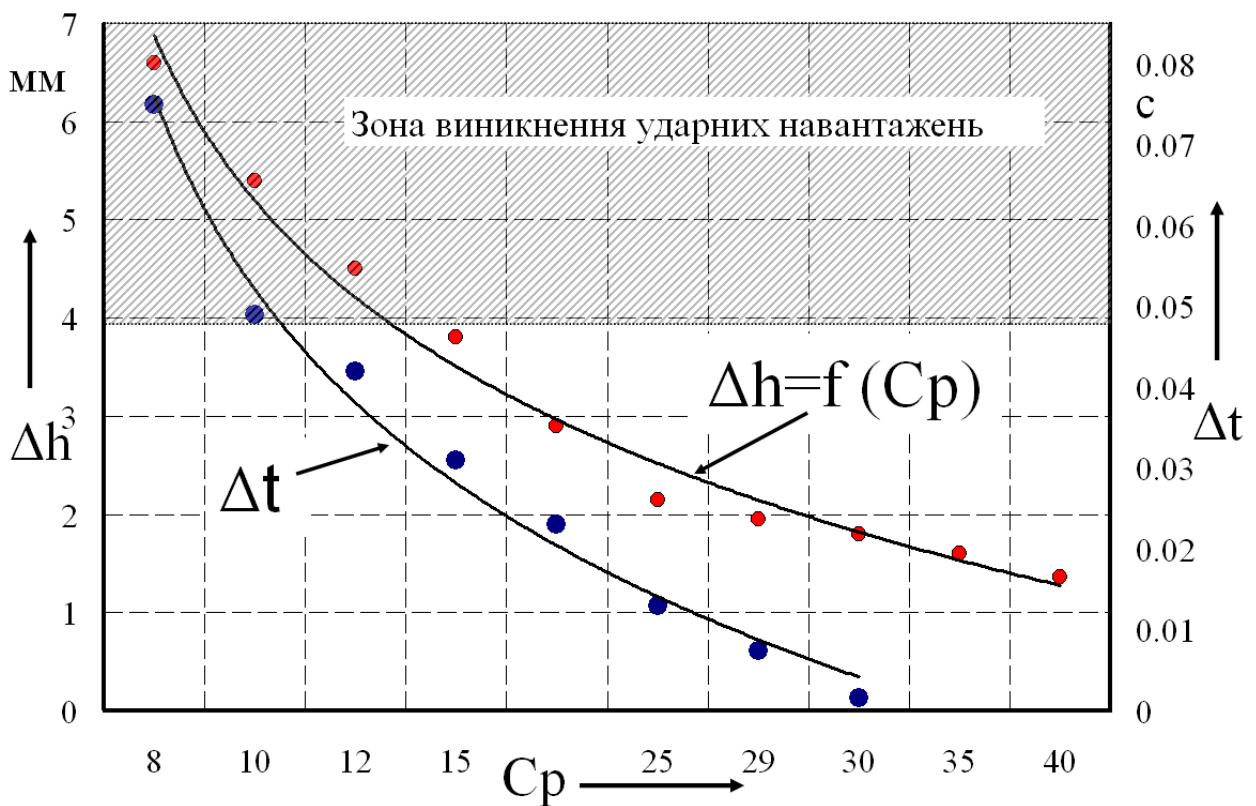


Рисунок 4.5 – Залежність прискореного переміщення та часу переміщення від жорсткості редуктора

Під час експериментальних досліджень (рис. 2.25) та математичного моделювання був виявлений негативний ефект впливу крутильної жорсткості редуктора на процес вмикання передач. А саме самовільне переміщення вала з важелем перемикачів та муфтою синхронізатора в зворотному напрямку після

повного включення передачі та зняття живлення з електродвигуна, що призводить до вимкнення передачі (рис. 4.6).

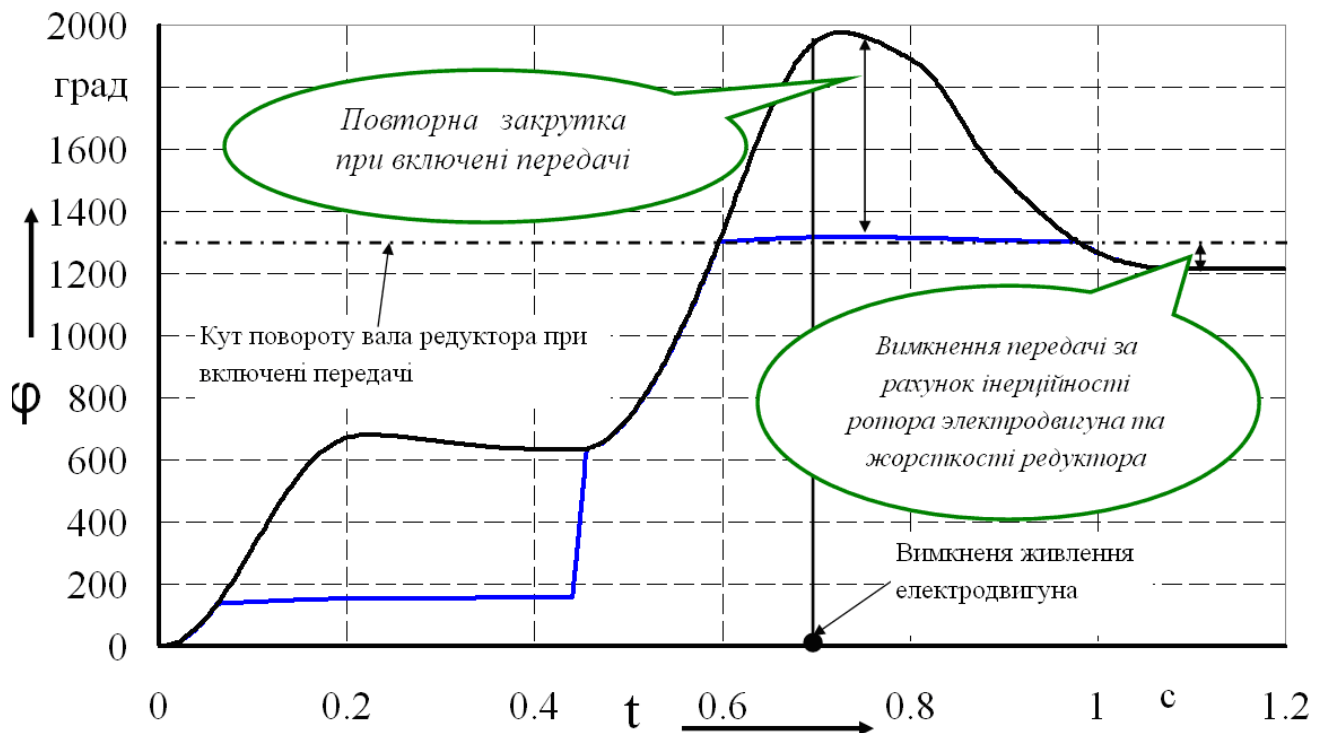


Рисунок 4.6 – Процес інерційного вимкнення передачі отриманий при моделюванні

Так під час повного включення передачі важіль зупиняється та відбувається повторна закрутка редуктора силового електродвигуна. Далі інерційні маси ротора електродвигуна, повертаються в нейтральне положення. При цьому ротор при поверненні проходить нейтральне положення, за рахунок накопиченої кінетичної енергії якої вистачає для подолання опору фіксатора виключає передачу. Для запобігання такому явищу виникає необхідність регулювання сили струму на етапі повного включення передачі.

4.2 Визначення режимів керування силовим електродвигуном на етапі вмикання передачі

Для вирішення задачі регулювання зусилля, на етапі синхронізації, та для запобігання інерційному виключенню передачі була розроблена модель генератора з керуванням ШІМ за рахунок регулювання скважності ШІМ сигналу.

Спираючись на дані отримані під час експериментальних досліджень робочий процес перемикання було розбито на зони в яких доцільно використовувати широтно-імпульсне регулювання (рис 4.7).

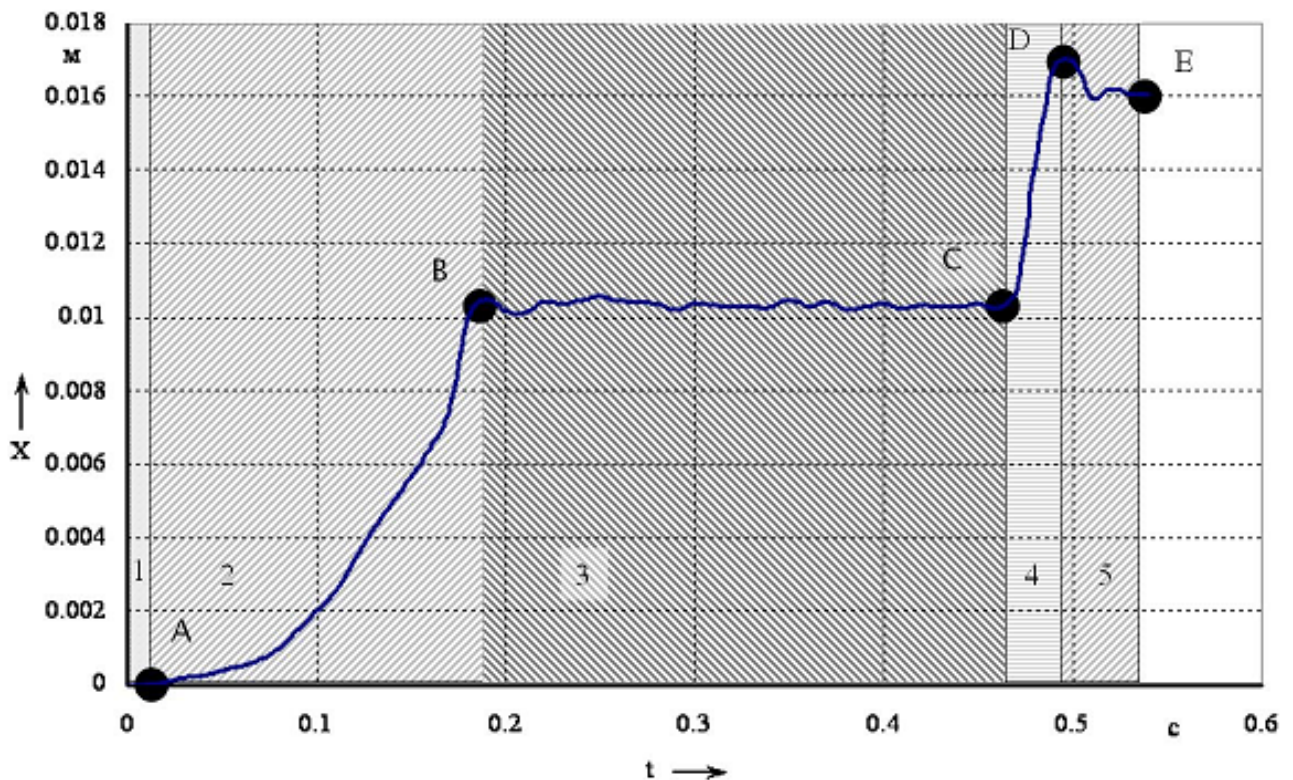


Рисунок 4.7 – Визначення зони застосування ШІМ

Так в зонах 1, 2 відбувається вибір зазорів, та рух повзуна з вилкою перемикання передач до торкання конічних поверхонь синхронізаторів. Використання ШІМ на даному етапі не доцільно так як це може призвести до збільшення часу проходження цих зон, що призведе до збільшення загального часу перемикання. В зоні 3 доцільно використовувати ШІМ регулювання так як необхідно забезпечити відповідне зусилля на синхронізаторах. Зони 4 та 5 також потребують використання ШІМ регулювання для попередження самовільного

вимкнення передачі за рахунок наявності жорсткості редуктора силового електродвигуна, яка призводить до «відбою».

Керований широтно-імпульсний генератор був реалізований в середовищі Matlab Simulink (рис 4.8) і включений до моделі електромеханічного механізму автоматизованого перемикавання передач, що дозволяє всебічно дослідити його роботу [40, 48, 51, 135, 137].

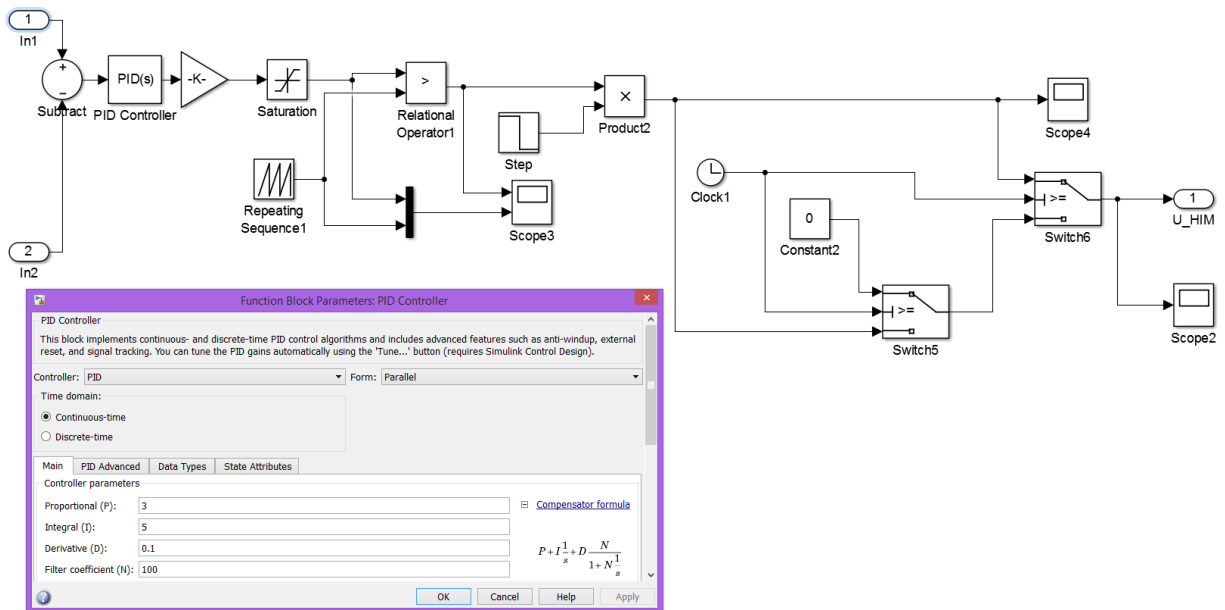


Рисунок 4.8 – Структурна схема керованого ШІМ–регулятора

Скважністю сигналу ШІМ керує ПІД – регулятор в якості сигналу зворотного зв'язку якого виступає кут закриття редуктора силового електродвигуна який пропорційний зусиллю на важелі перемикавання (рис. 4.9). На вхід моделі In1 подавалося значення кута закручування валу електродвигуна відповідно до допустимих силових навантажень на синхронізатор для передачі, що вмикається. На вхід In2 подавалася різниця кутів повороту ротора електродвигуна та важеля перемикавання, що є внутрішнім зворотнім зв'язком. При перевищенні різниці кутів закриття вище цільового значення вибраної передачі сигнал поступав до ПІД – регулятора який вступав в роботу.

В свою чергу кут закриття ротора електродвигуна визначається за різницею сигналів від двох датчиків зворотного зв'язку – датчику положення

вала ротора силового електродвигуна та датчику положення вала важеля перемикавання передачі.

Як видно з залежностей на рисунку 4.9 на початковому етапі синхронізації відбувається знеструмлення електродвигуна при цьому кут закрутки ротора, а відповідно і зусилля на синхронізаторі навіть збільшується за рахунок інерційного руху ротора електродвигуна. Сила струму дорівнює нулю оскільки робота електродвигуна в режимі генератора не передбачено. Підвищення сили струму після закінчення процесу синхронізації відбувається автоматично оскільки кут закрутки ротора електродвигуна зменшується.

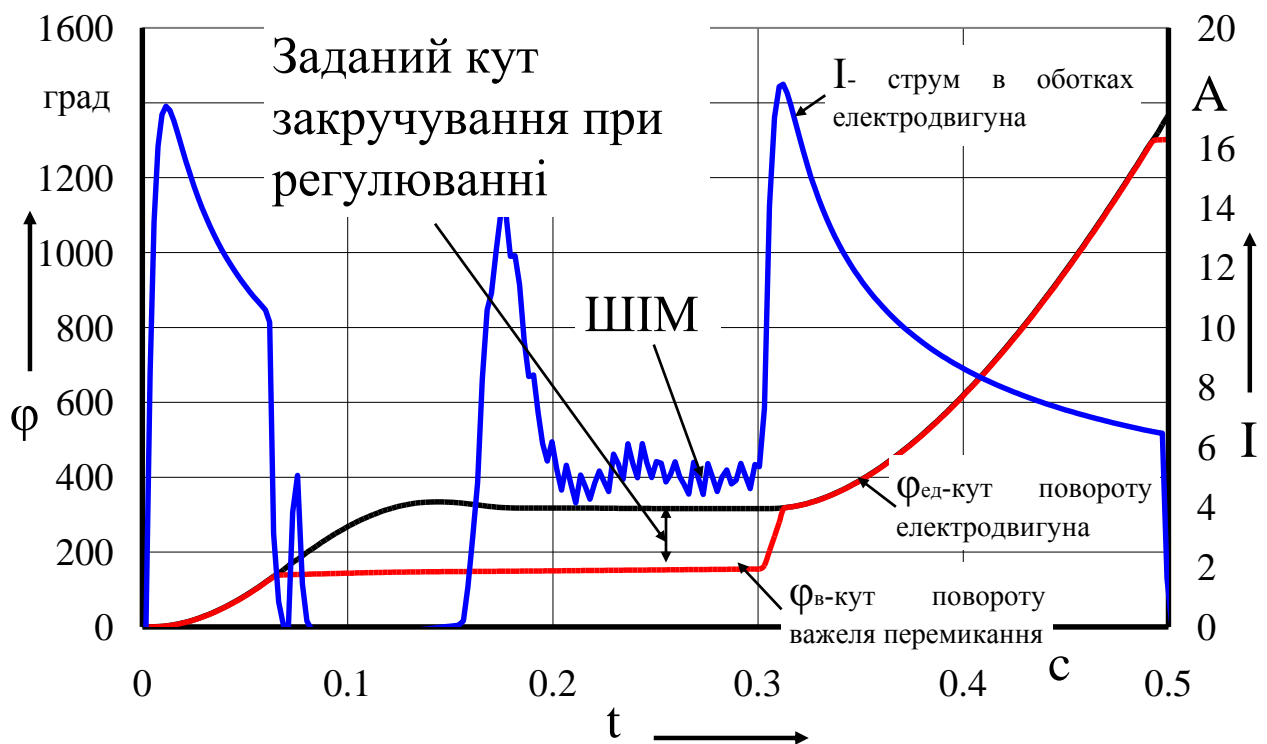


Рисунок 4.9 – Динаміка включення передачі з використанням ШІМ регулювання сили струму при синхронізації

Під час математичного моделювання були визначені коефіцієнти керуючого ПІД – регулятора які забезпечили цільову відповідність значення кута закручування редуктора. Так пропорційний коефіцієнт дорівнює 3, інтегральний коефіцієнт – 5, диференціальний коефіцієнт – 0,1. При використанні ПІД – регулятора забезпечується можливість підтримувати зусилля на важелі

перемикання відповідно до вимог допустимих навантажень на синхронізатор (рис. 4.10)

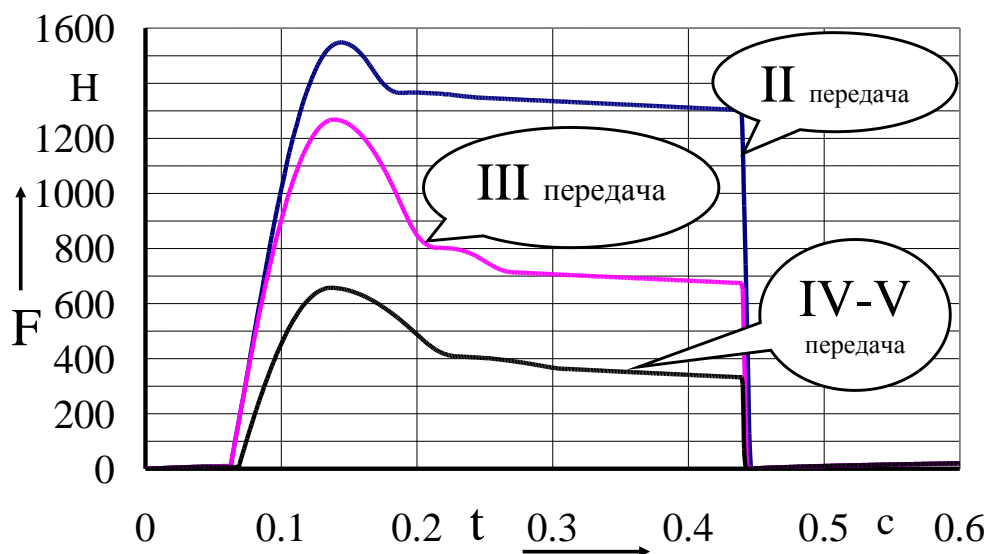


Рисунок 4.10 – Сила на важелі перемикачів при використанні ШІМ – регулятора

Залежності що одержані при моделюванні були зіставлені з експериментально отриманими залежностями, що показало високу ступінь співпадання з відносною похибкою на динамічній стадії не більше 5% (рис. 4.11)

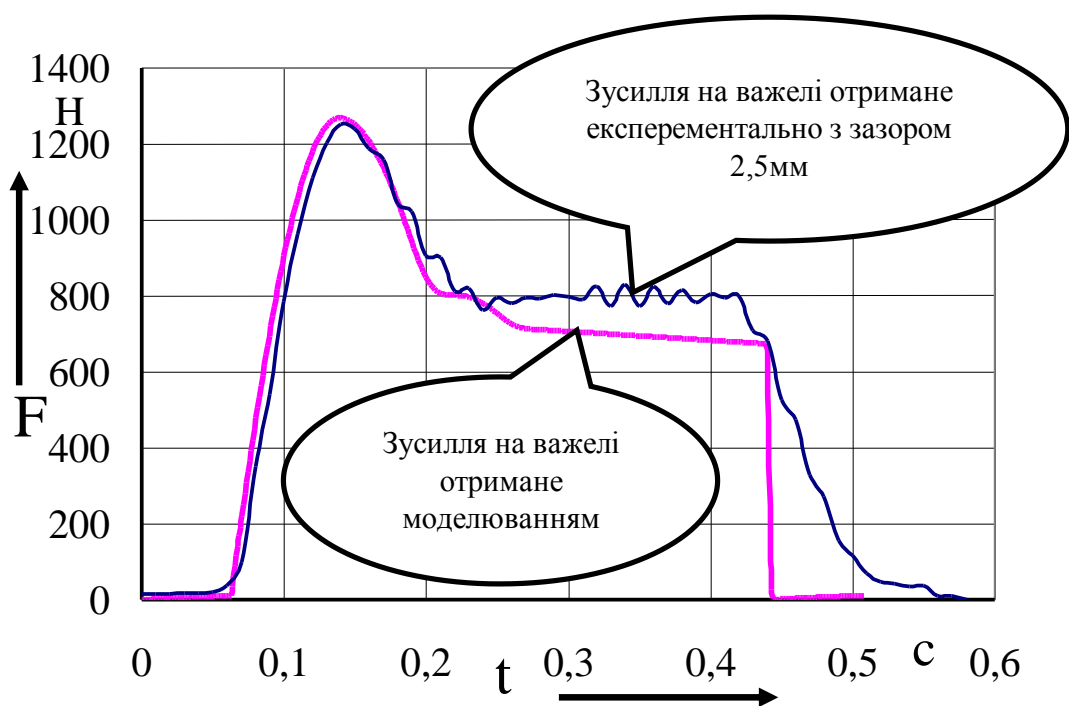


Рисунок 4.11 – Зіставлення сили на важелі перемикання при використанні ШІМ – регулятора та експериментально отриманої її зміни

На ділянці від 0,25 до 0,45с розбіжність обумовлена наявністю в моделі керованого широтно-імпульсного генератора за допомогою якого обмежувалося зусилля, тому оцінка відносної похибки на цій ділянці не проводилося.

Було також визначено необхідний кут закручування ротора силового електродвигуна при якому досягається можливість забезпечити цільове зусилля на синхронізаторі при вмиканні передач (відповідно до таблиці 2.2) (рис. 4.12). Так для другої передачі допустимий кут складає 160° , для третьої передачі допустимий кут складає 100° , для четвертої передачі допустимий кут складає 68° та для п'ятої передачі допустимий кут складає 40° . Ці значення справедливі при жорсткості редуктора $29 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$.

Для реалізації такого підходу в системі керування силовим електродвигуном повинно встановлюватися два датчика зворотного зв'язку. За першим визначається кут повороту важеля перемикання передач, а за другим кут повороту ротора електродвигуна відповідно до цього різниця між показаннями цих датчиків дає інформацію щодо кута закрутки.

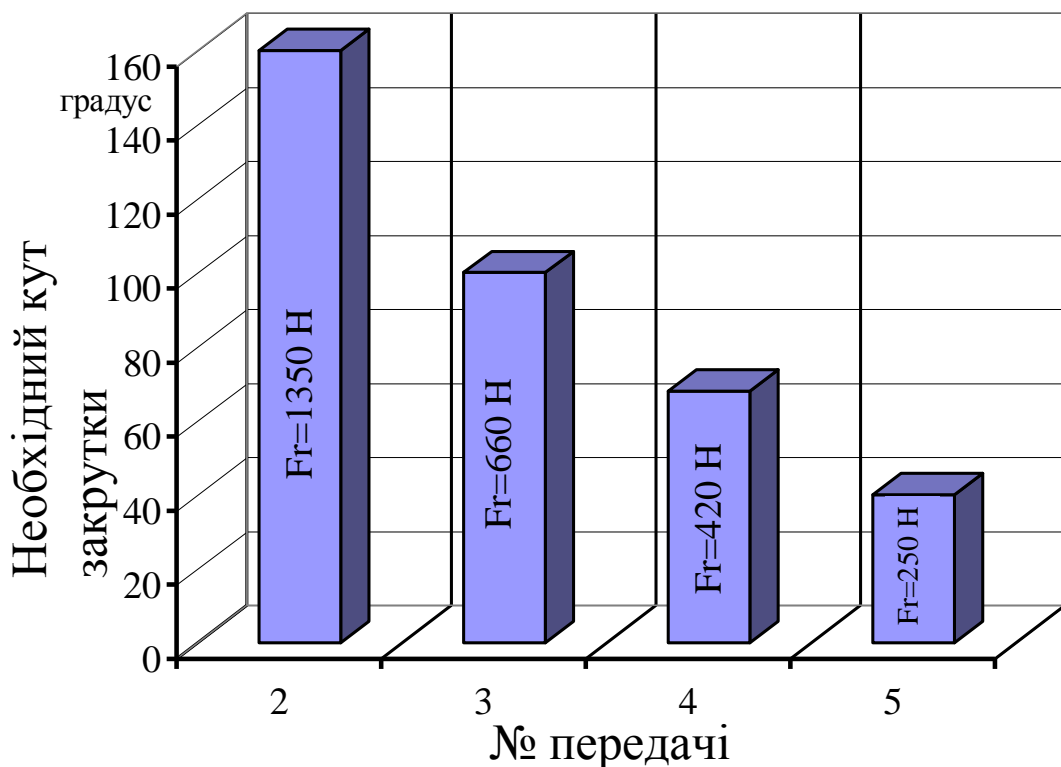


Рисунок 4.12 – Кут закручування забезпечуючий необхідне зусилля

На етапі синхронізації зусилля не залишається сталим. Відповідно до інерційних властивостей системи спочатку спостерігається перерегулювання до рівня близько 1,4 номінального зусилля. Потім відбувається поступове зниження навантаження обумовлене дією системи керування струмом. Якщо зусилля обмежувати у максимальній точці, то отримаємо значне недовантаження синхронізатора, а також збільшення часу синхронізації. Тому такий підхід не є доцільним оскільки перерегулювання не триває більше 0,01 с. Регулювання зусилля таким чином щоб його мінімальне значення дорівнювалося допустимому досить суттєво перевантажує синхронізатор. Тому для визначення завантаженості синхронізатора запропоновано підхід розглянутий в підпункті 4.3.

4.3 Визначення завантаженості синхронізатора

Критерієм для визначення навантаженості синхронізатора при включенні передачі використано імпульс сили. Для цього знайдемо площу під кривою сили на важелі перемикавання відповідно до визначеної моделюванням зміни сили (рис. 4.13).

Добуток сили на час її дії називають імпульсом сили.

$$I = F \cdot \Delta t \quad (4.3)$$

де I – імпульс сили, Н·с.

F – сила на важелі перемикавання, Н

Δt – час дії сили (в нашому випадку час синхронізації) с.

Як видно із таблиці 4.1 при моделюванні робочого процесу перемикавання зусилля на синхронізаторі на II, III, IV, V передачах не перевищує величин

обмежених умовами довготривалої роботи. Похибка при цьому не перевищує 18%.

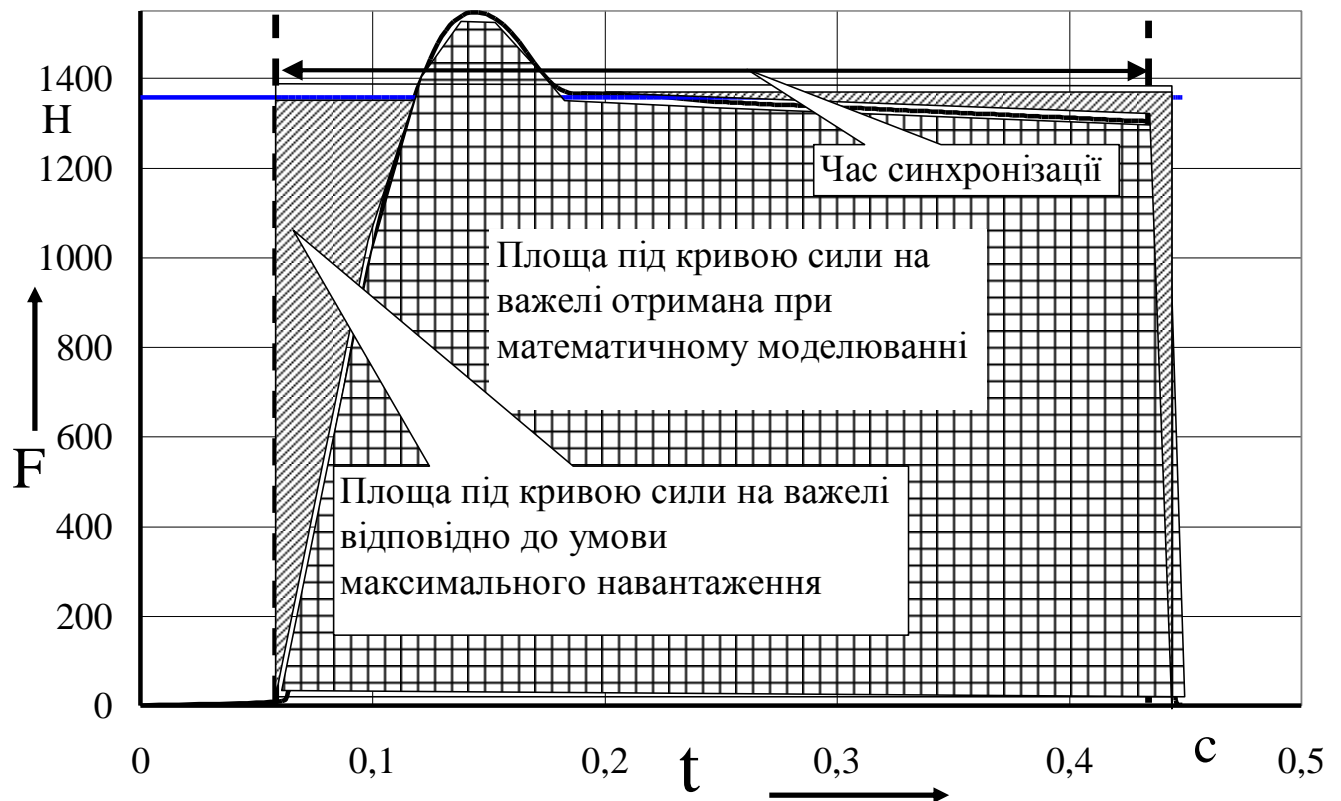


Рисунок 4.13 – Визначення імпульсу сили

Таблиця 4.1 – Результати визначення сили імпульсу та похибки

| Номер передачі | II | III | IV | V |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Сила що обмежена умовами довготривалої роботи синхронізаторів, | 1357 | 659 | 417 | 253 |
| Імпульс обмеженої сили, Нс | 526,37 | 255,62 | 161,75 | 98,137 |
| Площа під кривою по результатам моделювання, Нс | 479,53 | 299,49 | 154,27 | 81,196 |
| Похибка моделювання, % | 8,2629 | 18,856 | 3,2321 | 16,033 |

Для усунення ефекту самовільного виключення передачі було використано додаткову ланку використання ШІМ регулювання в зонах 4, 5. Використання повторного ШІМ регулювання дозволило плавно зменшити силу струму на обмотках електродвигуна при цьому після повного включення передачі не

відбувалося інерційне вимкнення передачі (рис. 4.14). Вхідним сигналом для широтно-імпульсного генератора є еталонна лінійна функція зміни кута закрутки яка забезпечує плавне падіння струму в колі силового електродвигуна.

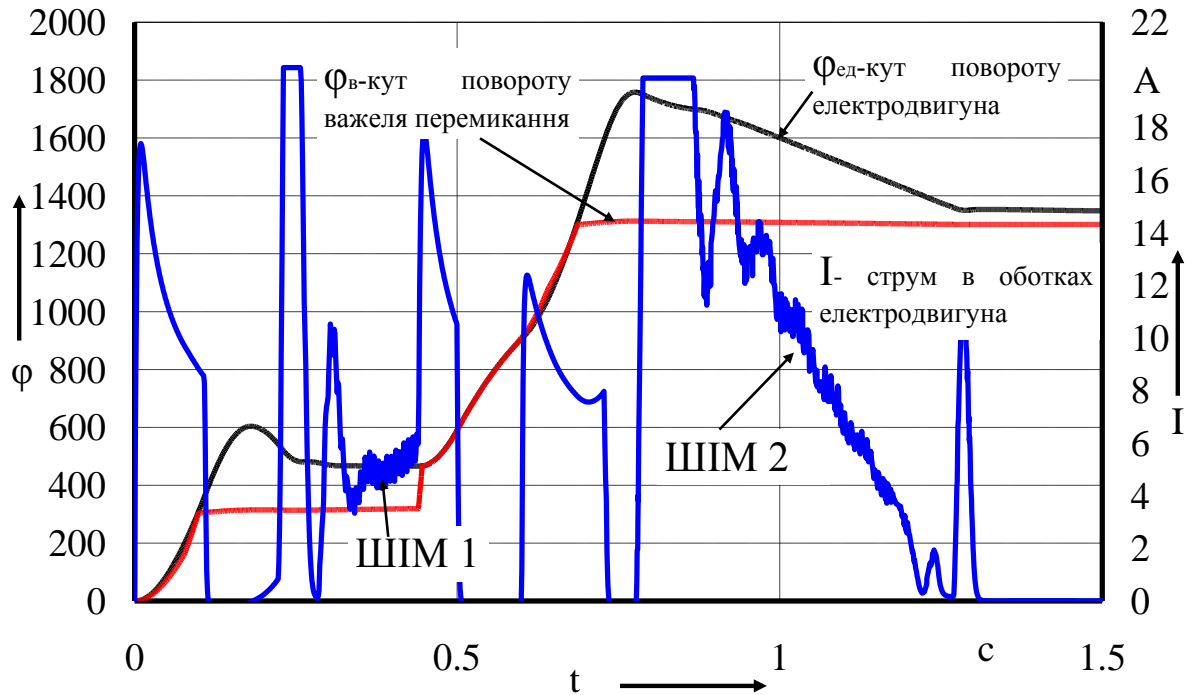


Рисунок 4.14 – Процес включення з керуванням ШІМ на етапі повного вмикання

Оцінити якість математичного моделювання можна зіставивши результати математичного моделювання з експериментально отриманими даними (рис. 4.15).

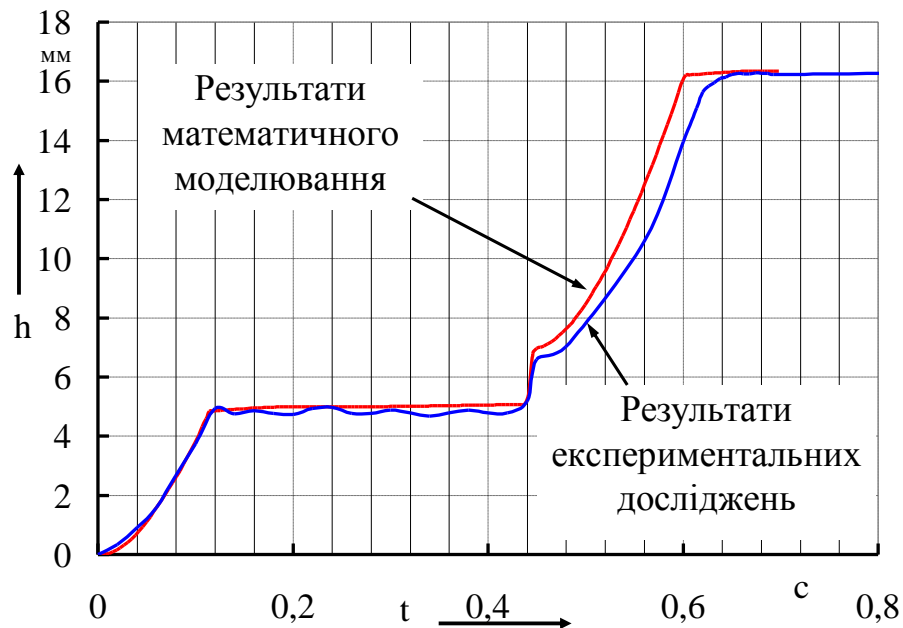


Рисунок 4.15 – Зіставлення результатів експериментального та теоретичного досліджень робочого процесу електромеханічного механізму керування коробкою передач

Похибка зіставлення моделювання та експериментальних даних становить:

- на етапі вибору зазору до торкання конічних поверхонь синхронізатора похибка не більше 1,65 %;
- на етапі синхронізації похибка становить 4,73 %;
- на ділянці прискореного руху точність склала 9,23 %;
- на етапі до повного включення 14,54 %.

Це доводить, що розроблена математична модель забезпечує похибку моделювання яка не перевищує 15%.

Висновки по розділу

1. За результатами математичного моделювання побудовані поліноми, які описують зв'язок жорсткості редуктора силового електродвигуна та величиною прискореного переміщення важеля перемикачів та часом переміщення.

2. Спираючись на результати математичного моделювання встановлено, що жорсткість редуктора силового електродвигуна не повинна бути меншою за $15 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ відповідно до критерію виключення ударних навантажень на зубці муфти.

3. Шляхом теоретичних досліджень встановлено допустимі величини кута закрутки редуктора силового електродвигуна під час синхронізації на кожній передачі за критерієм дозволеного навантаження на синхронізатор. Так для другої передачі допустимий кут складає 160° , для третьої передачі допустимий кут складає 100° , для четвертої передачі допустимий кут складає 68° та для п'ятої передачі допустимий кут складає 40° . Ці значення були встановлені для експериментального електромеханічного механізму перемикачів з жорсткістю редуктора $29 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$.

4. Позитивною стороною ефекту прискореного руху важеля перемикання передач є скорочення часу включення передач до 0,07с. Негативною стороною цього ефекту є можливість виникнення ударних навантажень на зубці муфти перемикання уразі не контрольованого навантаження синхронізатора. Це пов'язано з величиною закрутки редуктора механізму перемикання передач.

5. Шляхом експериментальних та теоретичних досліджень було встановлено необхідність регулювання сили струму в обмотках силового електродвигуна на двох етапах включення передач:

- під час синхронізації для запобігання перевантаження синхронізатора;
- після повного включення передач для запобігання можливого інерційного виключення передач після знеструмлення силового електродвигуна.

6. У якості критерію завантаженості синхронізатора використовується імпульс сили який дає змогу врахувати змінний характер дії сили

7. Визначено закон керування струмом в обмотках силового електродвигуна на етапах синхронізації та після включення передач. Керування реалізовано за допомогою керованого ШІМ – регулятора, а також визначені коефіцієнти ПД – регулятора які визначають час подачі струму при керуванні ним у режимі ШІМ (пропорційний дорівнює 3, інтегральний – 5, диференціальний – 0,1).

8. – Врахування жорсткості редуктора в математичній моделі дало змогу якісно відтворити процес прискореного переміщення важеля перемикання після процесу синхронізації. Похибка моделювання в результаті зіставлення з результатами експерименту не перевищує 15 %.

Результати досліджень були опубліковані [33, 81].

Висновки

1. В результаті аналізу існуючих приводів перемикання передач виявлено:
 - що використання електропневматичного механізму керування 5–ти ступеневою коробкою передач призводить до перевантаження синхронізаторів 3, 4 та 5 передач на 205%, 324%, 534% відповідно;
 - складність регулювання тиску в силовому циліндрі електропневматичного механізму перемикання та швидкоплинність переміщення важеля після синхронізації може призвести до виникнення ударних навантажень;
 - електропневматичний механізм має додаткове джерело живлення в вигляді стиснутого повітря;
 - проаналізовані конструкції електропневматичного механізму перемикання базуються на трипозиційних пневматичних циліндрах, що обмежує їх використання на коробках передач які мають не більше трьох повзунів.
2. Дослідження експериментального механізму керування коробкою передач дозволило визначити аномальну зону підвищеної швидкості переміщення важеля перемикання передач після закінчення синхронізації, який пов'язаний з наявністю кінцевої жорсткості механізму між важелем та електродвигуном. Позитивною стороною цього ефекту є скорочення часу включення передачі до 0,07с. Негативною стороною цього ефекту є можливість виникнення ударних навантажень на зубці муфти перемикання уразі не контрольованого навантаження синхронізатора. Це пов'язано з величиною закрутки редуктора механізму перемикання передач.
3. Шляхом експериментального дослідження встановлено наявність суттєвого впливу жорсткості редуктора силового електродвигуна на робочий процес вмикання передачі. Визначена реальна жорсткість редуктора силового електродвигуна експериментального електромеханічного механізму перемикання передач яка склала $29 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$. Встановлено залежність між струмом в обмотках силового електродвигуна та кутом закрутки його редуктора, який може

перевищувати 200° , а також між струмом та силою на важелі перемикавання передач яка має лінійний характер.

4. Під час теоретичних досліджень уточнено залежності для визначення коефіцієнтів пропорційності, які використовуються при математичному моделюванні роботи силового електродвигуна. Використання змінних коефіцієнтів пропорційності при моделюванні роботи електродвигуна дозволяє підвищити точність моделювання по струму до $88,5\%$, і швидкості обертання до 98% від експериментальних даних.

5. Врахування жорсткості редуктора в математичній моделі дало змогу якісно відтворити процес прискореного переміщення важеля перемикавання після процесу синхронізації. Похибка моделювання в результаті зіставлення з результатами експерименту не перевищує 15% .

Дослідження характеристик силового електродвигуна дозволило визначити допустимі величини струму під час синхронізації на кожній передачі за критерієм дозволеного навантаження на синхронізатор.

За результатами математичного моделювання побудовані поліноми, які описують зв'язок жорсткості редуктора силового електродвигуна та величиною прискореного переміщення важеля перемикавання та часом переміщення.

6. Спираючись на результати математичного моделювання встановлено, що жорсткість редуктора силового електродвигуна не повинна бути меншою за $15 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ відповідно до критерію виключення ударних навантажень на зубці муфти.

7. Шляхом теоретичних досліджень встановлено допустимі величини кута закрутки редуктора силового електродвигуна під час синхронізації на кожній передачі за критерієм дозволеного навантаження на синхронізатор. Так для другої передачі допустимий кут складає 160° , для третьої передачі допустимий кут складає 100° , для четвертої передачі допустимий кут складає 68° та для п'ятої передачі допустимий кут складає 40° . Ці значення були встановлені для експериментального електромеханічного механізму перемикавання з жорсткістю редуктора $29 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$.

8. Шляхом експериментальних та теоретичних досліджень було встановлено необхідність регулювання сили струму в обмотках силового електродвигуна на двох етапах включення передачі:

- під час синхронізації для запобігання перевантаження синхронізатора;
- після повного включення передачі для запобігання можливого інерційного виключення передачі після знеструмлення силового електродвигуна.

9. Визначено закон керування струмом в обмотках силового електродвигуна на етапах синхронізації та після включення передачі. Керування реалізовано за допомогою керованого ШІМ – регулятора, а також визначені коефіцієнти ПД – регулятора які визначають час подачі струму при керуванні ним у режимі ШІМ (пропорційний дорівнює 3, інтегральний – 5, диференціальний – 0,1).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 ACS712–30A–Module Двуполярный датчик постоянного и переменного тока с гальванической развязкой Описание и технические характеристики. [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: <http://www.allegromicro.com/~media/files/datasheets/acs712–datasheet.ashx>
- 2 А.с. 423685 (СССР) /Б. С. Науменко, В. М. Емельянов. Устройство для автоматического управления процессом переключения передач в трансмиссии транспортной машины.—Заявл. 12.05.74, № 1439764/27.
- 3 А.с. 686911 (СССР)/ А. А. Дмитриев, В. Ф. Зубков, В. П. Колочкин, Н. Н. Петрухин, В. С. Старовойтов. Устройство для управления ступенчатой коробкой передач транспортного средства.—Заявл. 8.06.77, № 2494269.
- 4 ADA–6 Модуль ввода–вывода аналоговых и дискретных сигналов. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: <http://www.holit.ua/ru/products/481/483/3628.html>.
- 5 Autoelektrik, Autoelektronik (Systeme und Komponenten): Sensoren / Mikroelektronik // Robert Bosch GmbH, 2002. — 503 с.
- 6 CAG – Computer–aided gear changing (ghjcgtrn abhvs Scania. Швеция).
- 7 CiA DS–301, Version 4.01: CANopen application layer and communication profile. [Electronic resource] / CAN in Automation e.V., Germany, copyright © 2001–2012. – Mode of access: – http://www./workarea.ego-gw.it/ego2/ego/itf/software/301_canopen.pdf. – Date of access: 19.03.2009.
- 8 Fuller®Automated Transmissions: AutoShift 10–Speed / Eaton tech. information: condensed specifications TRSL–0281 108 2M/WP. – Eaton Corp., USA, 2008. –2 p.
- 9 Fuller®Automated Transmissions: AutoShift™ 18–Speed / Eaton tech. information: condensed specifications TRSL–0285 806 2M/WP. – Eaton Corp., USA, 2006. –2 p.

- 10 <http://honda-club.ru/forum/archive/index.php/t-20501><http://autosteam.ru/helpful-info/256-korobka-peredach-easytronic>.
- 11 http://man.uag.ru/man_katalog/agregaty_i_tehnologiya_man/transmission/korobka_peredach_tipmatic.
- 12 http://www.wabco-auto.com/ru/produkty/product_type/transmissioncontrol/.
- 13 J. Turney, Michael Monaghan, Michael Stadte. Automatic Transmissions and Transaxies. 3rd ed., 1997. – 518 с.
- 14 Magnus Pettersson Driveline Modeling and Principles for Speed Control and Gear-Shift Control / Magnus Pettersson // Linköping Studies in Science and Technology Thesis. – 1996. – No. 564.
- 15 Roboshift Electrically operated pneumatic gear shift system for heavy duty vehicles (проект фирмы Вольво).
- 16 SAE International™: Surface vehicle recommended practice / J1939-71: Vehicle Application Layer. – SAE Truck and Bus Control and Communications Network Subcommittee.–2003.–379 P.
- 17 Shift actuator for an electro mechanical automatic transmission Patent Number 5966989 United States Patent, Int. Cl. F16H 59/04, Chrysler Corporation, Auburn Hills – № 09/153166, Filed: Sep. 15, 1998.
- 18 Transmission shifting mechanism and position sensor pat. 5743143 USA, int. Cl.6 F16H 59/04 / J.F. Carpenter, M.L. Landing, M.J. Huggins, D.L. Wades; assignee Eaton Corp. –№ 695052; filed 9.08.96; date of patent 28.04.98. – 11 p.
- 19 ZF AS Tronic и ZF AS Tronic mid: техническое руководство по установке, работе и вводу в эксплуатацию / ZF tech. information, Sheet No. 1328 765 901f21. – ZF Friedrichshafen AG, Germany, 2005. – 105 p.
- 20 ZF Easyshift. Electro-pneumatische Schaltung (ES), ZF Semishift. Semiautomatic mit electro-pneumatischer Schaltung (SES), ZF Ecoshift.

Automatisierte Vorwahl-Schaltung (AVS), ZF Autoshift. Automatische Schaltung (AS) (проспект фирмы Zahnradfabric. Германия).

21 А.с. 637291 (СССР) /А. А. Дмитриев, В. Ф. Зубков, А. А. Кожушко, Н. Н. Петрухин. Устройство для переключения ступенчатой коробки передач.— Заявл. 28.04.76, № 2354532.

22 Автомобили: статистика продаж. [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: <http://autoconsultant.com.ua/marketing/view/3928>.

23 Айзерман М.А. Автоматика переключения передач. – М.: Машгиз, 1948.– 140с.

24 Александров В.В., Злочевский С.И., Лемак С.С. Введение в динамику управляемых систем / Под ред. В.В. Александрова. – М.: Изд-во МГУ, 1993.– 181с.

25 Алексей Огурцов журнал "Автомастер" № 7 2008 <http://www.amaster.com.ua/site/content/page/professional-articles-104-transmission-repair-101c>.

26 Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя. Т. 2. М.: Машиностроение, 1992. – 782 с.

27 Автомобильный справочник "Bosch" – ЗАО "КЖИ "За рулем"" 2002 г.

28 Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – М.: Высшая школа, 2001.–431 с.

29 Белоусов, Б.Н. Основные задачи прикладной механики наземных тягово–транспортных средств с мехатронными системами / Б.Н. Белоусов // Механика–2011: сб. науч. тр./ ОИМ НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. – Минск, 2011, Т.1. – С. 120– 126.

30 Богомоллов В. О. Моделювання робочого процесу синхронізації у десятиступінчастій коробці передач вантажного автомобіля / В. О. Богомоллов, В. І. Клименко, М. Г. Михалевич, М. М. Сильченко // // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Випуск №29 – С. 56–61.

31 Богомолов В.А. Анализ существующих конструкций трансмиссий / В.А. Богомолов, В.И. Клименко, Н.Г. Михалевич, Н.Н.Сильченко //Автомобільний транспорт. – 2010.– №27.–С. 17–21.

32 Богомолов В.А. Результаты экспериментальных исследований механизма управления коробкой передач / В.А. Богомолов, В.И. Клименко, Н.Г. Михалевич, Г.К. Кальянов, В.В. Воробьев, Н.Н.Сильченко //Автомобільний транспорт. – 2011.– №29.–С. 126–129.

33 Богомолов В.О. Розробка адаптивних систем керування трансмісією: монографія / В.О. Богомолов та інші. – Харків: ХНАДУ, 2018.–192с.

34 Бронштейн М. И. Электронное управление двигателем, трансмиссией и ходовой частью автомобиля. Учебное пособие / Михаил Исакович Бронштейн – Харьков: ХГАДТУ. 2001. – 150 с.

35 Буль Б. К. Основы теории электрических аппаратов: учеб. пособие для электротехнических специальностей вузов / Б. К. Буль, Г. В. Буткевич, А. Г. Годжелло и др. – М.: Высшая школа, 1970. – 600 с.

36 Бухарин Н. А. Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля. Учебное пособие для вузов / Н. А. Бухарин, В. С. Прозоров, М. М. Щукин. – Л.:«Машиностроение», 1973. – 504 с.

37 Вахламов В. К. Автомобили: Конструкция и элементы расчета: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / Владимир Константинович Вахламов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480с.

38 Виглеб Г. Датчики: Пер. с нем. – М.: Мир, 1989. – 196 с.

39 Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.

40 Герман–Галкин С. Г., Кротенко В. В. Синтез цифрового регулятора подчиненной структуры электропривода в пакете Simulink // Exponenta PRO. Математика в приложениях. 2004. № 2.

41 Гируцкий О.И. “Электронные системы управления агрегатами автомобиля.”/ О.И. Гируцкий, Ю.К. Есеновский–Лашков, Д.Г. Поляк. – М.: Транспорт, 2000. – 213 с.

42 Гришкевич, А.И. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник под общ. Ред. А.И. Гришкевича; М.: Машиностроение, 1984. 272 с.

43 Гром–Мазничевский Л. И. Система автоматического управления бесступенчатой трансмиссией трактора.— В кн.: Машиностроение, Киев, 1961, № 2, с. 98—104.

44 Гром–Мазничевский Л. И. Экспериментальный трактор с автоматический гидрообъемной трансмиссией. — В кн.: Машиностроение, Киев, 1963, № 2, с. 79–83.

45 Данов Б.А. Электронные системы управления иностранных автомобилей. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 224 с.

46 Данов Б.А., Титов Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой. – М.: Транспорт, 1998. – 78 с.

47 Датчик дрос заслон Ермаков В. В. Бесконтактные датчики частоты вращения и линейных перемещений / В. В. Ермаков, Д. В. Иванов // Автомобильная промышленность. – 2004. – Вып.№3. – С. 17–20.

48 Джон Г. Мэтьюз, Куртис Д. Финк. Численные методы. Использование MATLAB = Numerical Methods: Using MATLAB. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2001. — С. 720. — ISBN 0–13–270042–5.

49 Дзядык М. Н., Есеновский–Лашков Ю. К., Мазалов Н. Д., Пыткин А. Ю., Споков Е. М. Гидромеханическая передача автобуса.— М.: Транспорт, 1968.— 112 с.

50 Добронравов В.В., Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: Учебник для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1983. – 575 с.

51 Дьяконов В. П. MATLAB 6.5/7.0 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. Библиотека профессионала. — Москва.: «СОЛОН-Пресс», 2005. — С. 576. — ISBN 5–98003–206–1.

52 Дьяконов В. П. Справочник по применению системы PC MATLAB. — М.: «Физматлит», 1993. — С. 112. — ISBN 5–02–015101–7.

53 Дэниэлс Дж. Современные автомобильные технологии – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003. – 223 с.

54 Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин.— М.: Машиностроение, 1975.— 448 с.

55 Захарик, Ю.М. Новый закон автоматического переключения передач / Ю.М Захарик // Грузовик&. – 2006 – № 11. – С. 32 – 38.

56 Иванов А.М. “Основы конструкции автомобиля.” А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский и др. – М.: ООО Книжное издательство „За рулем”, 2005. – 335 с.

57 Ишлинский, А.Ю. Классическая механика и силы инерции / А.Ю. Ишлинский, отв. ред. Раушенбах Б.В., кол. авт. Академия Наук СССР. Ин-т проблем механики. – М.: Наука, 1987. –319 с.

58 Ключев В. И. Теория электропривода: Учеб. для вузов.— 2–е изд. перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 2001 — 704 с: ил. ISBN 5–283–00642–5.

59 Ковчин С. А., Сабинин Ю. А. Теория электропривода: Учебник для вузов. — СПб.: Энергоатомиздат. Санкт–Петербургское отд–ние, 1994. — 496 с: ил. ISBN 5–283–04508–0.

60 Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

61 Компании WABCO Vehicle Control Systems (NYSE: WBC). // Официальный сайт. – 2010г. Режим доступа к сайту. http://www.wabco-auto.com/nc/ru/domashnjaja_stranica_wabco.

62 Копылов И.П. Электрические машины: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2004. – 607 с.

63 Коралевски Г. Синтез законов управления и параметров гидромеханических трансмиссий колесных машин: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.03 / Г. Коралевски. – Минск, 2001. – 40 с.

64 Косенков А.А. Устройство автоматических коробок передач и трансмиссий. – Ростов–на–Дону: Феникс, 2003. – 412 с.

65 Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания.— М.: Машиностроение, 1968 г. — 535с.

66 Ксенович И. П., Тарасик В. П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов.—М.: Машиностроение, 1979. —267 с.

67 Кусяк, В.А. Проектирование автоматизированных мехатронных систем управления силовым агрегатом грузовых автомобилей и автопоездов: монография / В.А. Кусяк, О.С. Руктешель.— Минск: БНТУ, 2015. – 295 с. ISBN 978–985–550–696–7.

68 Кусяк, В.А. Исследование процесса переключения передач в командном режиме управления силовым агрегатом / В.А. Кусяк // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С. 82 – 87.

69 Кусяк. В.А. Синтез алгоритма переключения передач в трансмиссии городского автобуса: дис. к-та техн. наук: 05.05.03 / В.А. Кусяк. – Минск, 2000. – 173 с.

70 Куцеволов, В.А. Обоснование параметров исполнительных механизмов коробок передач автоматизированных ступенчатых механических трансмиссий: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / В.А. Куцеволов, Бел. политехн. ин–т. – Минск, 1988. –20 с.

71 Литвиненко В.В., Майструк А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176с.

72 Лукас В.А. Теория управления техническими системами. Уч.курс для вузов – 3-е издание перераб. и дополн. / Вильмар Адольфович Лукас // – Екатеринбург Изд-во УГГГА, 2002 – 675с.

73 Материалы сайта vw-golf2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://vw-golf2.5go.ru/html/4_3_2.htm.

74 Материалы сайта Интернет-магазин книг по ремонту. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://manualov.net/download/Renault62.php>.

75 Материалы сайта Обозреватель. [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: <http://auto.obozrevatel.com/analytics/10654-kolichestvo-mashin-v-ukraine-i-v-mire-mashin-na-tyisyachu-zhitelej.htm>.

76 Материалы сайта ООО «НовоКонцепт инжиниринг». [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: <http://www.meanwell.kiev.ua>.

77 Механизм автоматизированного переключения передач в механической ступенчатой коробке передач: пат. 2192973 С2 Российская Федерация, МПК7 В60К20/00, МПК7 В60К20/02 / Р.М. Фадеев; заявитель ОАО «КамАЗ». – № 2001104251/28; заявл. 13.02.01; опубл. 20.11.02. – 6 с.

78 Механизм автоматизированного переключения передач в механической ступенчатой коробке передач: пат. 2241610 Российская Федерация, МПК7 В60К20/00 / Р.М. Фадеев; заявитель ОАО «КамАЗ». – № 2003111517/11; заявл. 21.04.03; опубл. 10.12.04. – 9 с.

79 Механизм переключения передач транспортного средства: а. с. 1498643 СССР, МПК В60К 20/00 / С.Г. Стаскевич, О.А. Маханьков, Г.Д. Сычев и др.; заявл. 09.12.87; опубл. 07.08.89.–3 с.

80 Михайловский Е.М., “Устройство автомобиля”/ Е.М. Михайловский, К.Б. Серебряков, Е.Я. Тур. – М.: Машиностроение 1987. – 351 с.

81 Михалевич М. Г. Усовершенствование параметров модели электродвигателя механизма переключения передач в трансмиссии

автотранспортных средств./ М. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Автомобіль і Електроніка. Сучасні технології, – Х.: ХНАДУ, 2018. – Випуск №13 – С. 42–47.

82 Михалевич Н.Г. Анализ современных тенденций в развитии конструкций автоматизированного управления агрегатами трансмиссии / Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Вестник Харьковского национального автомобильно–дорожного университета, – Х.: ХНАДУ, 2016. – Випуск №75. – С. 54 – 57.

83 Михалевич Н.Г. Теоретическое исследование рабочих процессов в механизме переключения передач / Н. Г. Михалевич, Н.Н. Сильченко // Новітні технології–для захисту повітряного простору тридцята наукова конференція Харківського національного університету повітряних сил імені Івана Кожедуба, 12–13 квітня 2017 р.: збірник тез доповідей – Харків, 2017 – С. 334.

84 Михалевич Н.Г. Теоретическое исследование рабочих процессов в механизме переключения передач./ Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, – Х., 2017. – Випуск №1(50). – С. 88 – 91.

85 Моисеев Н. Ю. Система оптимального управлением дизелем и ступенчатой трансмиссией транспортных машин. Автореферат дисс. канд. техн. наук.— Челябинск: ЧПИ, 1983.— 17 с.

86 Мордашов Ю. Ф Устройство автомобилей КамАЗ: Учебное пособие / Ю. Ф. Мордашов, В. Н. Носаков, В. Д. Запойнов. – Н. Новгород: ВГИПУ, 2010. – 78 с.

87 Морозов А.Г. Расчет электрических машин постоянного тока. Учеб. пособие для втузов. – М.: Высш. школа, 1977. – 264 с.

88 Нарбут А. Н. Гидромеханические передачи фирмы Детройт Дизель Аллисон.— Автомобильная промышленность, 1979.— №6.—С.31–36.

89 Недялков А. П. Инновационные коробки передач "КОМ–НАМИ" с механическим и автоматизированным управлением / А. П. Недялков, А. Н. Блохин, В. В. Маньковский // Наука и образование Электронный журнал, №9 сентябрь 2011г. <http://technomag.edu.ru>.

90 Недялков А.П. Применение опережающих технических решений при создании механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением. / А.П. Недялков, А.Н. Блохин // Наука и образование. – 2011. – №2.

91 Недялков, А.П. Перспективы создания типоразмерного ряда унифицированных механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением. / А.П. Недялков, А.А. Ипатов // Автомобили. Сборник научных трудов. Выпуск 232. М.: ГНЦ РФ – ФГУП «НАМИ», 2004, С. 11–62.

92 Николаев, Ю.И. Новое семейство автомобилей многоцелевого назначения МЗКТ / Ю.И. Николаев// Механика машин, механизмов и материалов. – 2008. –№ 1(2). –С. 12–16.

93 Осепчугов В.В. Автомобиль Анализ конструкций, элементы расчета /В.В Осепчугов, А.К. Фрумкин.–М.:Машиностроение, 1989. – 303с.

94 Пат. 93788 Украина, МПК F16H 59/00. Механизм автоматизованого перемикання передач / заявники Богомолов В. О., Клименко В. І., Михалевич М.Г. Сильченко М.М. патентовласники Богомолов В. О., Клименко В. І. – № 201405714; заявл. 27.05.2014; надр. 10.10.2014. Бюл. №19.

95 Петров В. А. Автоматические системы транспортных машин.— М.: Машиностроение.— 1974. — 336с.

96 Петров В. А. Автоматическое управление бесступенчатых передач самоходных машин.— М.: Машиностроение, 1968.— 384 с.

97 Петров В. А. Основы теории автоматического управления трансмиссией автомобиля.— М.: изд-во АН СССР, 1957.— 162 с.

98 Петров, В.А. Принципиальные схемы КП. Анализ и выбор / В.А. Петров // Автомобильная промышленность. – 1992. – № 6. – С. 11–16.

99 Подригало М.А. Динамика автомобиля / [М.А.Подригало, В.П.Волков, А.А.Бобошко и др.]. – Харьков: ХНАДУ, – 2008 – 452с.

100 Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

101 Привод переключения передач в механической ступенчатой коробке передач пат. 2348544 С1 Российская Федерация МПК В60К 20/02, МПК F16Н 61/34 / Хабиев Фарит Набиевич (RU) Общество с ограниченной ответственностью "КОРА Инжиниринг" (RU) – № 2007135905/11, заявл. 27.09.2007, опубл. 10.03.2009 Бюл. № 7.

102 Программа самообучения 386 “6 ступенчатая коробка передач со вдвоенным сцеплением 02E (S tronic)”. – ООО „ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус“ 2006. – 88 с.

103 Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. – М.: ООО «Бином–Пресс», 2004. – 448 с.

104 Работа дизеля в нестационарных условиях / Брук М.А., Виск– ман А.С., Левин Г.Х.— Л.: Машиностроение. Ленинградское отд–ние, 1981 г.—208 с.

105 Расчет и конструирование гусеничных машин / Носов Н.А., Галышев В.Д., Волков Ю.П., Харченко А.П. — Л.: Машиностроение, 1972.— 560 с.

106 Ратмиров В. А. Шаговые двигатели для систем автоматического управления / В. А. Ратмиров, Б. А. Ивоботенко, М. – Л., Госэнергоиздат., 1962.— 128 с. (Библиотека по автоматике, вып. 66).

107 Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов /В.Я. Ротач. 5е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЗИ, 2008. 396 с.

108 Руководства по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту двигателя КАМАЗ740.11–240, 740.13–260, 740.14–300, 740.30–260 под ред. Гатауллина Н. А. – Набережные Челны: ОАО «КамАЗ», 2002. – 247 с.

109 Руктешель, О.С. Анализ и синтез систем автоматического управления переключением передач автотранспортных средств: дис. д-ра техн. наук: 05.05.03 / О.С. Руктешель. – Минск, 1987.–504 с.

110 Руктешель, О.С. Определение динамических нагрузок в трансмиссии автомобиля: учебно–методическое пособие для студентов специальности 1–37 01 02 «Автомобилестроение» / О.С. Руктешель. – Минск: БНТУ, 2010. – 50 с.

111 Руктешель, О.С. Основы проектирования систем автоматического управления агрегатами транспортного средства: учебно–методическое пособие для студентов специальности 1–37 01 02 «Автомобилестроение» / О.С. Руктешель. – Минск: БНТУ, 2012. –111с.

112 Серия CLP13/ CLPR13 – потенциометрический датчик линейных перемещений. Описание и технические характеристики. [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: http://sensors.ucoz.ru/Datasheets/Linear_sensors/CLP13.pdf. – 3 р.

113 Сильченко Н.Н. Исследование динамических процессов происходящих в электромеханическом механизме переключения передач/ Н. Н. Сильченко // Матеріали VI міжнародної науково – практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» м. Вінниця, 21 – 23 жовтня 2013 , 2013. – С. 62 – 63.

114 Сильченко Н.Н. Теоретическое исследование рабочих процессов, протекающих при переключении передач/ Н. Н. Сильченко // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сборник научных трудов Выпуск №8 «Безопасность дорожного движения», – Минск, БНТУ, 2016, С.493–501.

115 Сильченко М.М. Імітаційне моделювання процесів перемикання передач і дослідження законів перемикання / М.М. Сильченко // Актуальні питання розвитку, удосконалення та експлуатації озброєння та військової техніки в Національній гвардії України, 26 листопада 2015 р.: збірник тез доповідей – Харків, 2015 – С. 42.

116 Склярів В. М. Конструкція автомобіля. Частина друга. Трансмісія і ходова частина: Підручник // В. М. Склярів, В. П. Волков, Р. М. Кузнєцов, М. В. Склярів, В. В. Стельмашук. – Харків: ХНАДУ; Луцьк: Луцький НТУ, 2012. – 384 с.

117 Смирнов Г. А. Теория колесных машин.— М.: Машиностроение, 1981,— 271 с.

118 Сосин Д.А. “Новейшие автомобильные электронные системы.” / Д.А. Сосин, В.Ф. Яковлев. – М.: СОЛОН–Пресс, 2005. – 240 с.

119 Способ управления переключением передач в трансмиссии транспортного средства и соответствующая гидравлическая система пат. 2507426 С2 Российская Федерация МПК F16Н 59/04, МПК В60К 20/02 / ГУО Цзиньхай (CN), ВЕЙ Яньцзунь (CN), ЧЖАН Юньйи (CN), ЛИУ Чанцюань (CN), ЛИ Юган (CN) – № 2009147231/11, заявл. 18.12.2009, опубл. 27.06.2011 Бюл. № 18.

120 Сысоева С. А. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 1. Потенциометры и датчики Холла — лидеры современного рынка / С. А. Сысоева // Компоненты и технологии. — 2005. — № 2. — 8 с.

121 Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 4. Новые перспективы автомобильных датчиков — технологии магниторезисторов ГМР и КМР // Компоненты и технологии. 2005. № 5.

122 Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем / В.П. Тарасик. – Минск: Дизайн ПРО, 2004. – 640 с.

123 Тенденции развития автоматизированных систем управления механическими коробками передач большегрузных автомобилей / О. С. Руктешель [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2006. – № 2. – С. 50–54.

124 Ткаченко Н.Н. Автоматическая коробка передач / Серия «Техномир». – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 160 с.

125 Трансмиссия транспортного средства пат. 2529580 С2 Российская Федерация МПК В60К 20/02, F16Н 61/28 / ХОХМАЙР Маркус (АТ), ХОЗЕР Эрик (АТ), ВИЗИНГЕР Герхард (АТ) – № 2012151496/11, заявл 03.05.2010, опубл. 27.09.2014 Бюл. № 27.

126 УДК 629.735.33.05–83(075.8) + 62–83(075.8) В752 Воронин С. Г. Электропривод летательных аппаратов: Учебно–методический комплекс. – Offline версия 1.0. – Челябинск, 1995–2011. – файлов 489.

127 Устройство дистанционного переключения передач: а. с. 1409481 СССР. МПК В60К20/00 / С.Г. Стаскевич, Г.Д. Сычев, А.П. Бомбешко, М.В. Сечко, В.А. Ярошевич, В.А. Бармин, В.А. Куцеволов; заявл. 13.04.87; опубл. 23.08.88. – 2с.

128 Устройство для управления множеством гидравлических переключательных цилиндров и система гидравлического питания для коробки передач с двойным сцеплением пат. 2387900 С2 Российская Федерация МПК F16Н 63/02 / МЮЛЛЕР Эрик (DE), ХОММ Манфред (DE) – № 2005114662/11, заявл. 13.05.2005, опубл. 27.04.2010 Бюл. № 12.

129 Устройство переключения автоматической коробки передач пат. 2427748 С1 Российская Федерация МПК F16Н 63/30 МПК F16Н 61/28 СИНТАНИ Масанори (JP) – № 2009143801/11, заявл 26.11.2009, опубл. 27.08.2011 Бюл. № 24.

130 Устройство управления переключением передач для автоматической трансмиссии пат. 2014151734 А Российская Федерация МПК F16Н 61/32 /

РАУЛЬ Мишель (FR), РЕНО С.А.С. (FR) – № 2014151734, заявл. 28.03.2013, опубл. 20.07.2016 Бюл. № 20.

131 Устройство управления переключением передач для автоматической трансмиссии пат. 2615801 С2 Российская Федерация МПК F16Н 61/28, МПК F16Н 63/20 / ТЕЙКСЕЙРА Жан–Мишель (FR), ТОДЕШИНИ Сильвен (FR), РЕНО С.А.С. (FR) – № 2014151734, заявл. 28.03.2013, опубл. 11.04.2017 Бюл. № 11.

132 Харитонов С.А. Автоматические коробки передач. М.: ООО «Издательство Астрель», 2003. 335с.

133 Цитович И.С., Каноник И.В., Вавуло В.А. Трансмиссии автомобилей. – Минск: Наука и техника, 1979. – 255 с.

134 Цитович И.С., Митин Б.Е., Дзюнь В.А. Надежность трансмиссий автомобилей и тракторов. – Минск: Наука и техника, 1985. – 143 с.

135 Чарльз Генри Эдвардс , Дэвид Э. Пенни. Дифференциальные уравнения и проблема собственных значений: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB = Differential Equations and Boundary Value Problems: Computing and Modeling. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2007. — ISBN 978–5–8459–1166–7.

136 Черванев, А.Д. Разработка требований к алгоритмам управления процессом переключения передач в автоматизированных ступенчатых синхронизированных трансмиссиях: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / А.Д. Черванев, Бел. политехн. ин-т. – Минск, 1982. –19с

137 Черных И. В. Полезные мелочи // Exponenta PRO. Математика в приложениях. 2003. № 4.

138 Шейнкер И. Е., Шимко А. А., Красковский Л. Г., и др. Гамма автоматических гидромеханических передач для автомобилей большой грузоподъемности.— Автомобильная промышленность, 1980.—№3.—С.7–9.

139 Электropневматическая система управления механизмом переключения коробки передач транспортного средства: пат. 2170678 Российская Федерация, МПК7 В60К20/02 / А.Д. Каменский, А.М. Раскин, В.А. Кеменов, В.С. Кожевников, В.Ю. Беляев; заявитель Каменский А.Д., Раскин А.М., Кеменов В.А., Кожевников В.С., Беляев В.Ю. –№2000132534/28; заявл. 26.12.00; опубл. 20.07.01. – 8 с.

140 Электropневматический привод коробки передач [Electronic resource] / ООО «Кора», 2006. – Mode of access: <http://www.kora.ru/production/electropneumatic-drive/complete> – Date of access: 15.10.2009.

141 Электropневматический привод коробки передач Модель ЭПП.12
Руководство по эксплуатации

ДОДАТОК А.
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОСЛІДНОГО СТЕНДУ

Технічна характеристика силового агрегату КАМАЗ 740 [108].

| | |
|----------------------------------|---------|
| Робочий об'єм двигуна, л | – 10,85 |
| Міра стискування | – 17 |
| Ефективна потужність, к.с. | – 210 |
| при частоті обертання, c^{-1} | – 2600 |
| Максимальний крутний момент, Нм | – 650 |
| при частоті обертання, c^{-1} | – 1500 |
| Максимальні обороти, c^{-1} | – 2939 |
| обороті холостого ходу, c^{-1} | – 600 |

Передавальні числа коробки передач :

| | | | | | | | |
|----|--------|----|--------|----|--------|-----|---------|
| 1Н | – 7,85 | 2В | – 3,29 | 4Н | – 1,35 | 5В | – 0,815 |
| 1У | 6,38 | 3Н | – 2,50 | 4В | 1,25 | зхН | – 7,38 |
| 2Н | 4,03 | 3В | 2,04 | 5Н | 1,00 | зхВ | – 6,02 |

Маса, кг – 1020

Технічна характеристика динамометра

Тип – електричний з трьох машинним агрегатом Леонардо

Склад: балансірна машина, вертикальний двигун–генератор, шафа керування.

Гальмова споживана потужність, кВт – 245

Потужність в режимі генератора, кВт – 230

Маса, кг – 1820

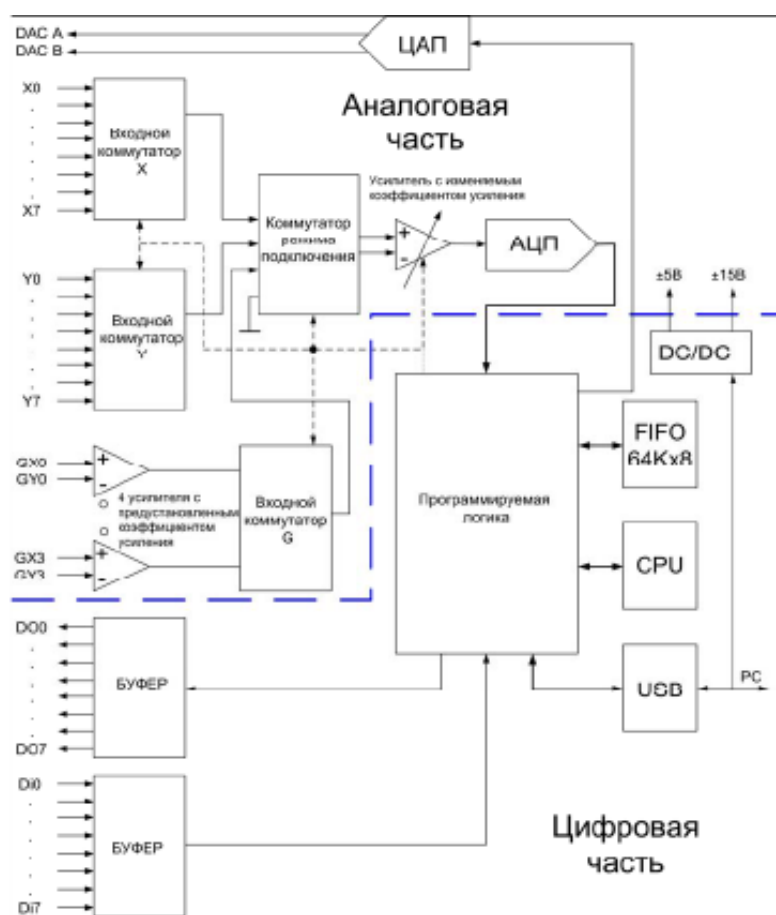


Рисунок А.1 – Структурная схема модуля ADA.

ДОДАТОК Б.
АЛГОРИТМИ РОБОТИ МПШ

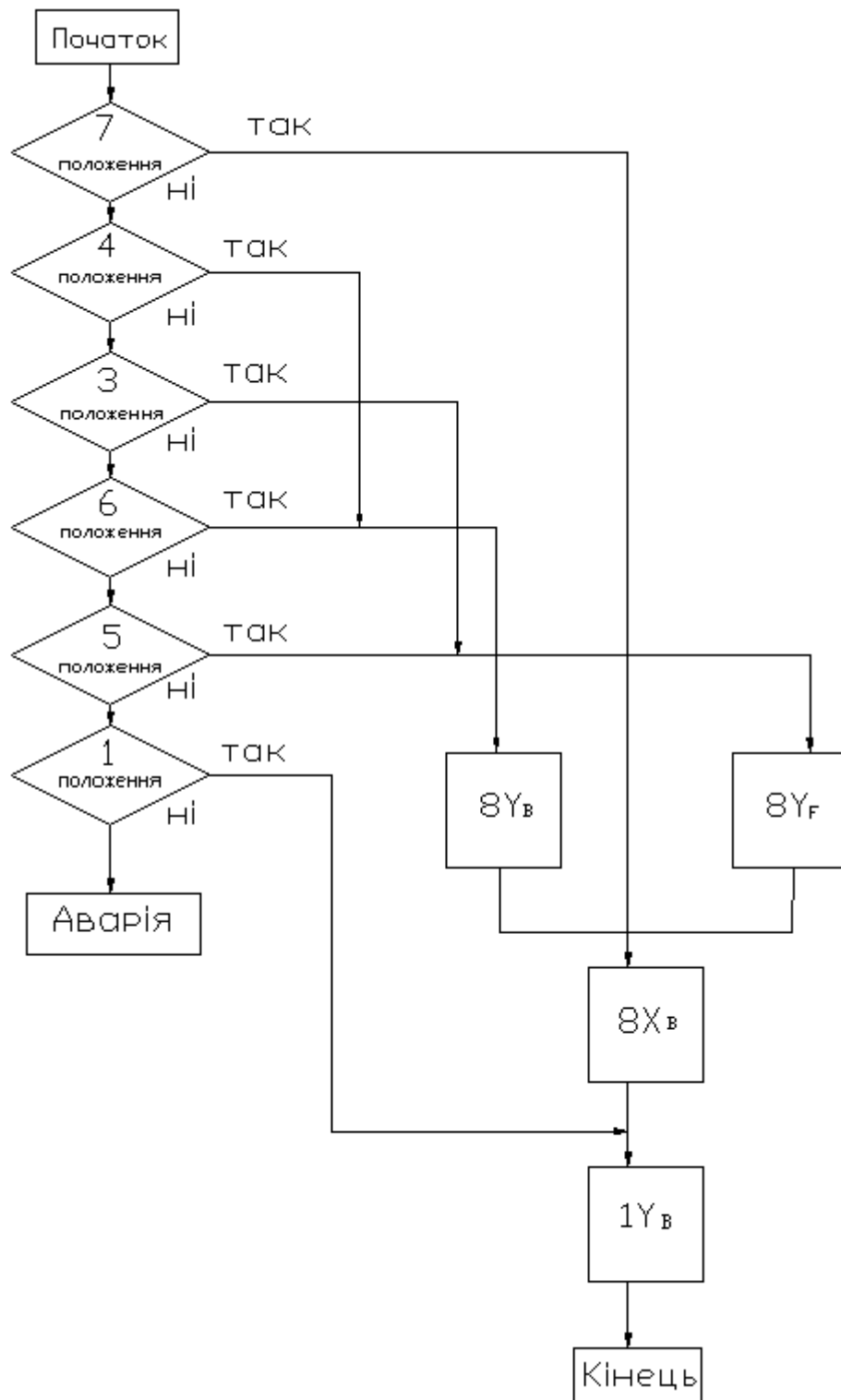


Рисунок Б.1 – Алгоритм переміщення МПП в перше положення

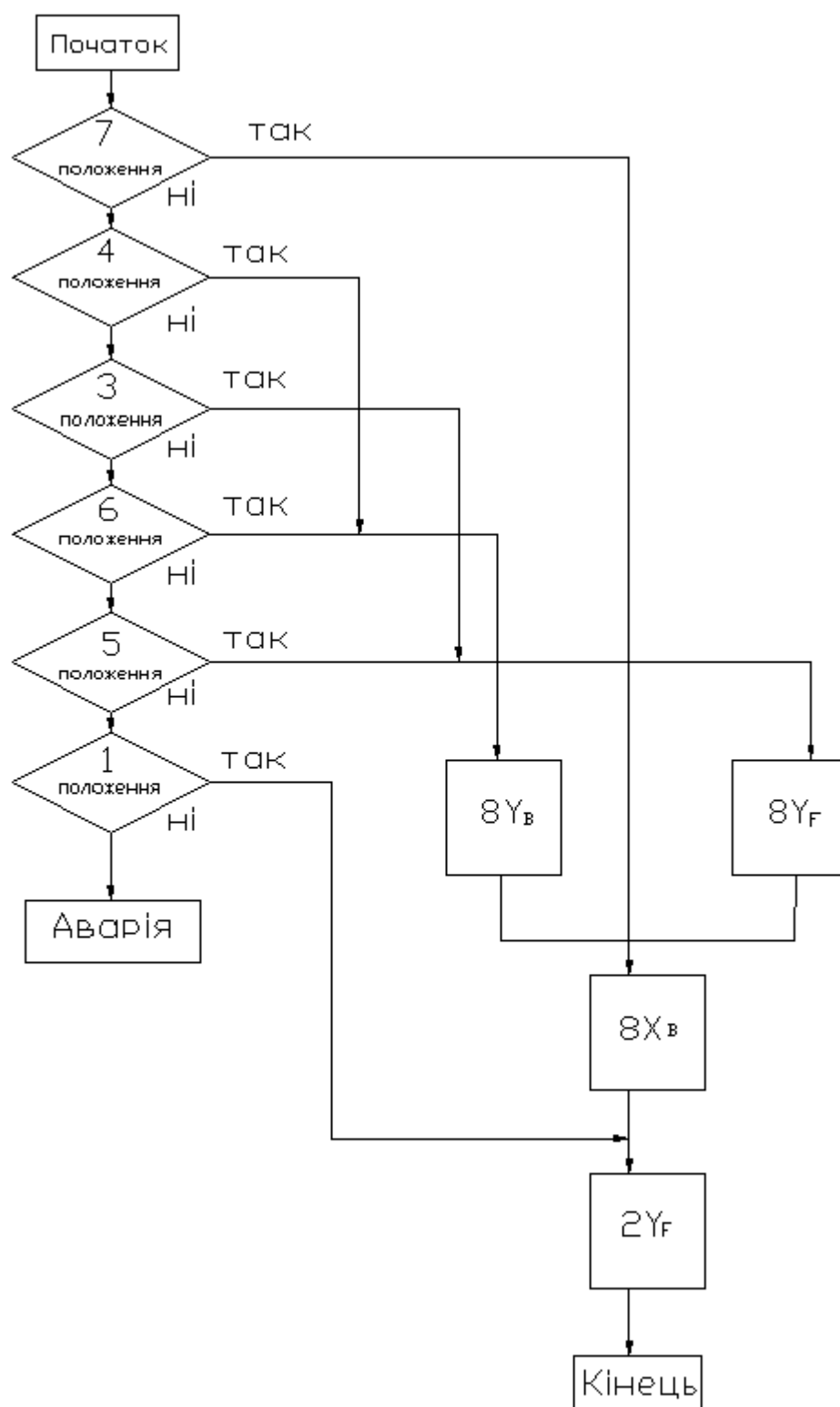


Рисунок Б.2 – Алгоритм переміщення МПП в друге положення

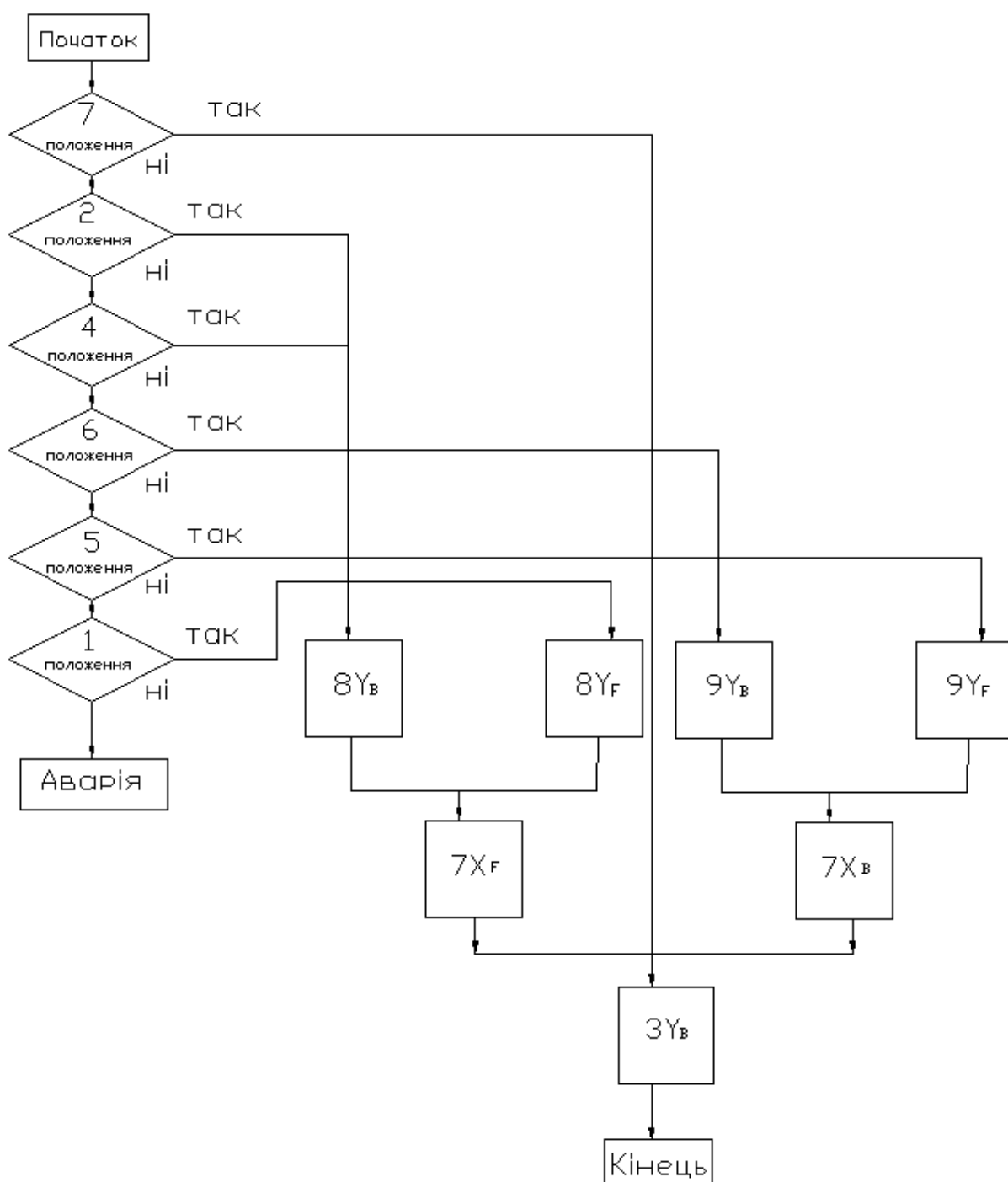


Рисунок Б.3 – Алгоритм переміщення МПП в трете положення

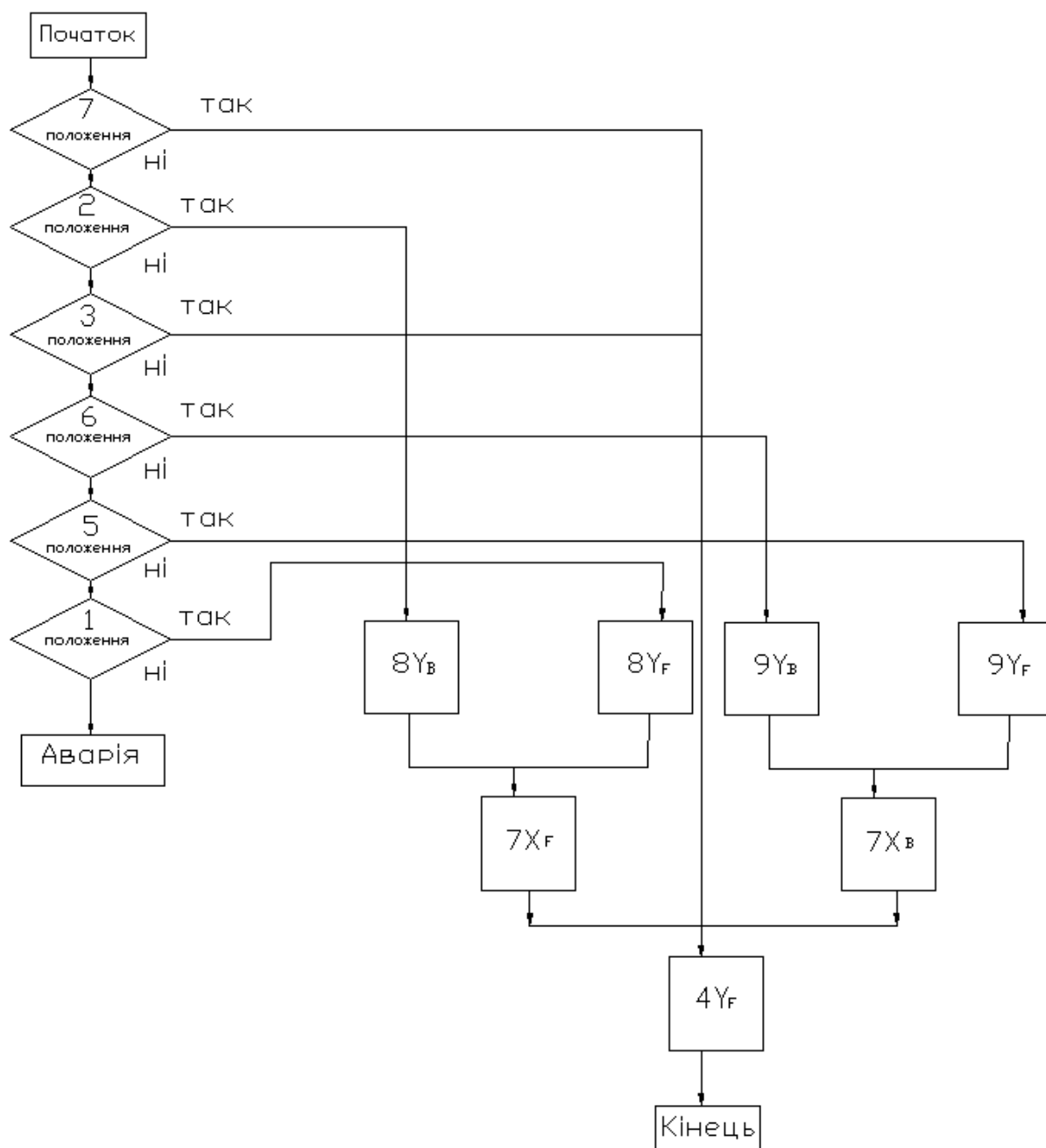


Рисунок Б.4 – Алгоритм переміщення МПП в четверте положення

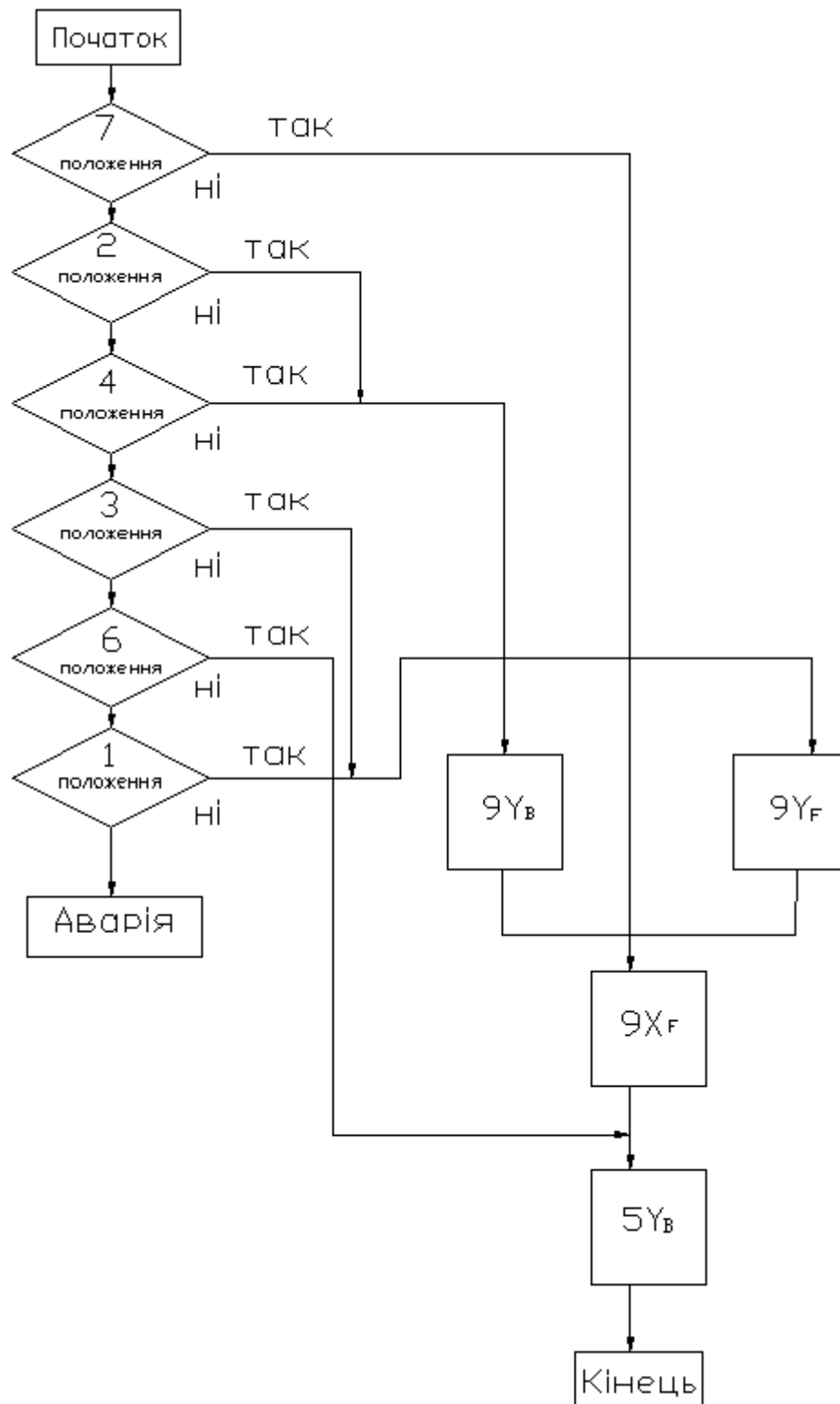


Рисунок Б.5 – Алгоритм переміщення МПП в п'яте положення

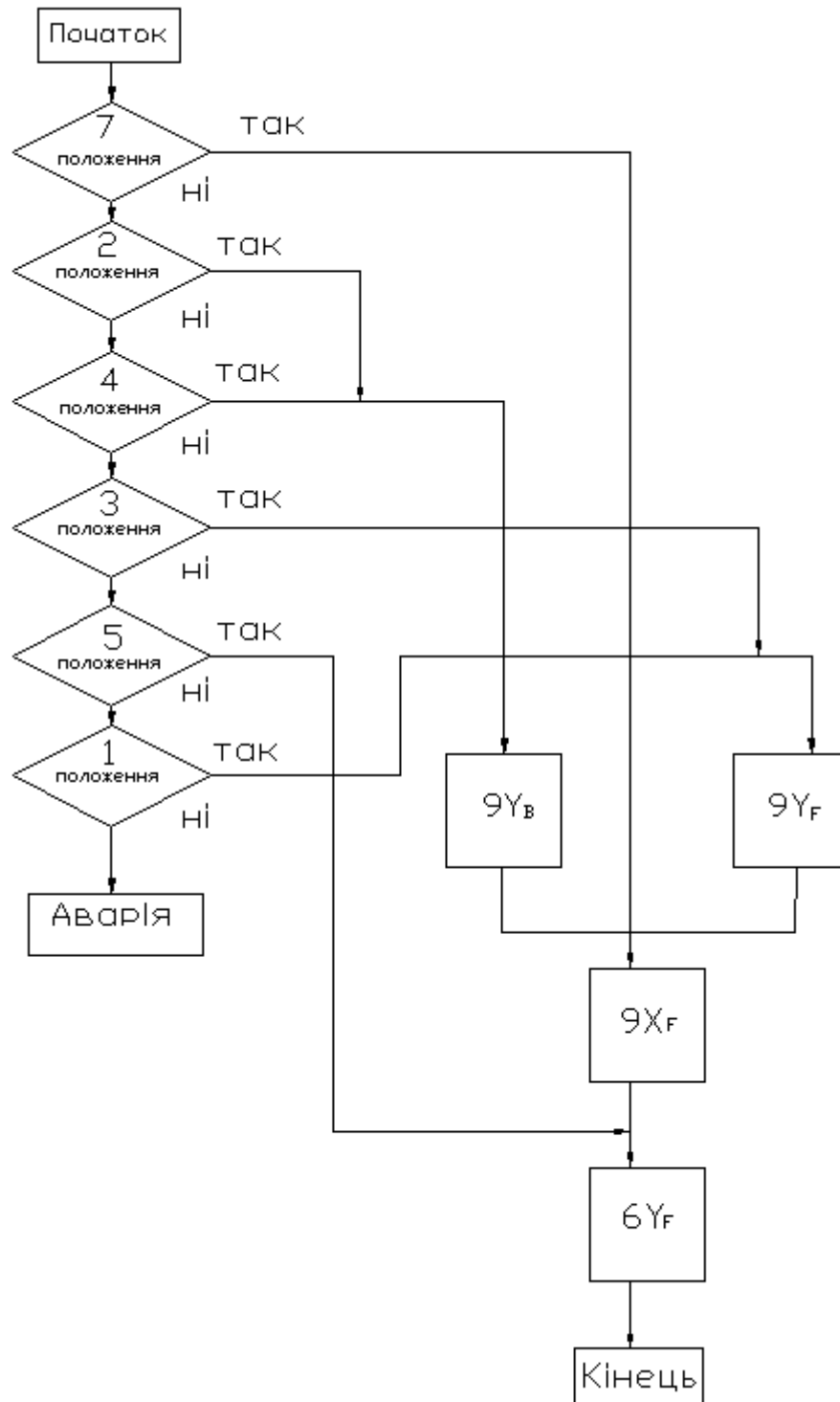


Рисунок Б.6 – Алгоритм переміщення МПП в шосте положення

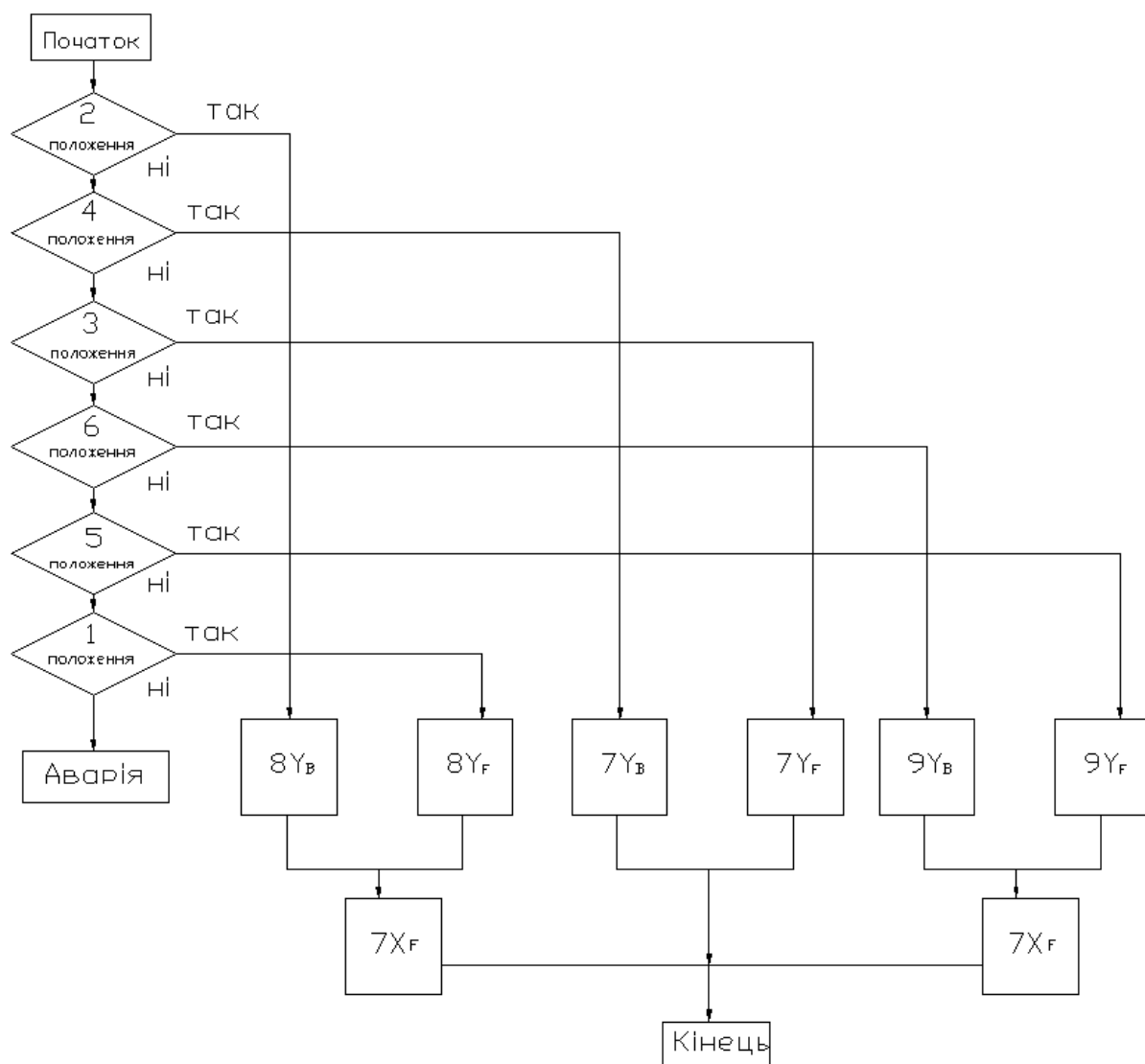


Рисунок Б.7 – Алгоритм переміщення МПП в сьоме положення

ДОДАТОК В.
ПАТЕНТ

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 93788

МЕХАНІЗМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПЕРЕМИКАННЯ
ПЕРЕДАЧ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.10.2014.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

M.V. Koviya
М.В. Ковіня





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93788** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
F16H 59/00

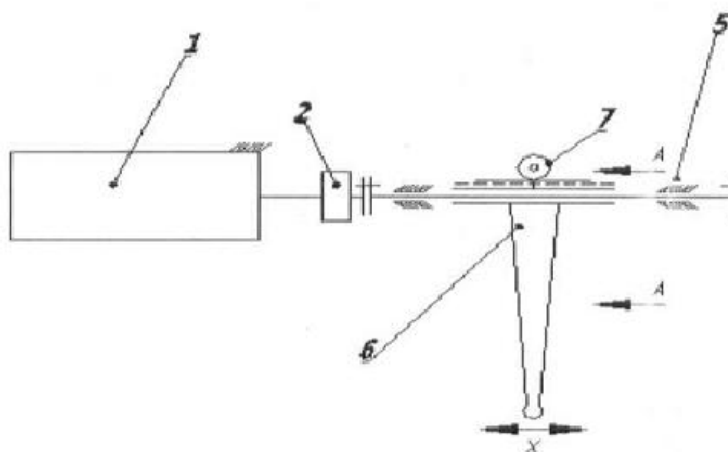
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

| | |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: u 2014 05714</p> <p>(22) Дата подання заявки: 27.05.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.10.2014</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.10.2014, Бюл.№ 19</p> | <p>(72) Винахідник(и): Богомолов Віктор Олександрович (UA), Клименко Валерій Іванович (UA), Михалевич Микола Григорович (UA), Сильченко Микола Миколайович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): Богомолов Віктор Олександрович, пр. Перемоги 57-г, кв. 8, м. Харків, 61202 (UA), Клименко Валерій Іванович, пров. Титаренківський, 1, кв. 133, м. Харків, 61064 (UA)</p> |
|--|--|

(54) МЕХАНІЗМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ

(57) Реферат:

Механізм автоматизованого перемикання передач автотранспортного засобу, що включає в себе електродвигуни, кінематично пов'язані з важелем переміщення вилки перемикання передач, датчиків положення важеля переміщення і електронного блока управління, причому в механізмі застосовуються два електродвигуни: силовий і селекторний, причому селекторний електродвигун управляє вибором передач, а силовий - поворотом важеля перемикання передач.



Фіг. 1

UA 93788 U

UA 93788 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування, зокрема до коробок передач автомобілів, а саме до механізмів дистанційного перемикання ступінчастих коробок передач.

Відома велика кількість різних схем автоматичних коробок передач, установка яких на автомобілі забезпечує підвищення тягово-швидкісних властивостей і зменшення навантаження на водія при керуванні автомобілем.

5 Так, відома гідромеханічна коробка передач, що складається з гідротрансформатора і механічної коробки передач, перемикання в яких відбувається за допомогою фрикціонів (Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др. Основы конструкции автомобиля. - М.: ООО "Книжное издательство "За рулем", 2005.- 335 с.). Недоліком такої коробки передач є низький ККД і висока вартість у порівнянні з механічними ступінчастими коробками передач.

10 Тому, з метою спрощення конструкції і зменшення вартості, застосовують автоматизовані коробки передач на базі ступінчастих механічних коробок (Гируцкий О.И., Есеновский-Дашков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. М.: Транспорт, 2000. - 213 с.).

15 Відомі такі способи автоматизації, як заміна штатного механізму перемикання на вдосконалений автоматизований. Прикладами можуть служити електропневматичний або електромеханічний механізми перемикання передач (Гируцкий О.И., Есеновский-Дашков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. М.: Транспорт, 2000. - 213 с.).

20 Істотним недоліком електропневматичною приводу перемикання є неможливість зміни сили на важелі перемикання передач при роботі механізму на різних передачах, що призводить до збільшеного навантаження на синхронізатор. Електромеханічні системи, у свою чергу, позбавлені цього недоліку.

25 Найбільш близьким по технічній суті до корисної моделі, що заявляється, є вибраний як прототип механізм перемикання ступінчастої коробки передач, що складається з, редукторів, які працюють від електродвигунів, важелів, повзунів, мікроперемикачів і схеми у правління, (RU 2060424 С1 Механізм перемикання ступінчастої коробки передач F16H 59/02. Заявка 93019877/28, від 16.04.1993. Опубліковане 20.05.1996.)

30 Описаний механізм перемикання має ряд недоліків. Складність конструкції із-за наявності великої кількості деталей, низький ККД, необхідність внесення змін в конструкцію штатної коробки передач.

У основу запропонованої авторами корисної моделі поставлена задача підвищення ККД, а також спрощення конструкції механізму автоматичного перемикання передач.

35 Новим є безпосередній зв'язок важеля перемикання з силовим електродвигуном, поєднання зубчастої рейки вибору передачі безпосередньо з важелем перемикання передач, а також можливість плавного регулювання зусилля на важелі перемикання.

40 Розроблений механізм автоматичного перемикання передач складається з двох приводів, силового і селекторного що працюють від відповідних мотор-редукторів (див фіг. 1. фіг. 2). На валу силового електродвигуна 1 закріплений шліцьовий вал 5. На шліцах вала 5 переміщається важіль перемикання із зубчастою рейкою 6. Переміщення важеля 6 відбувається за допомогою селекторної шестірні 7, закріпленої на валу селекторного електродвигуна 4. Приводні електродвигуни маю датчики зворотного зв'язку 2, 3, закріплені на їх валах.

45 Розроблений механізм має наступний принцип роботи. Поворот силового електродвигуна 1 викликає поворот шліцьового вала 5 із закріпленим важелем 6, який пов'язаний з повзуном коробки передач 8 і відбувається включення передачі. При необхідності перемістити важіль перемикання на інший повзун коробки передач подається сигнал від органів керування на електронний блок управління, де він обробляється і видається команда на силовий електродвигун для переходу в нейтральне положення, після чого надходить сигнал на селекторний електродвигун, який приводить в дію селекторну шестірню і переміщає важіль перемикання у відповідне команді положення.

50 Контроль включення і необхідний кут повороту як силового, так і селекторного електродвигунів робиться за допомогою датчиків кута повороту 2 і 3.

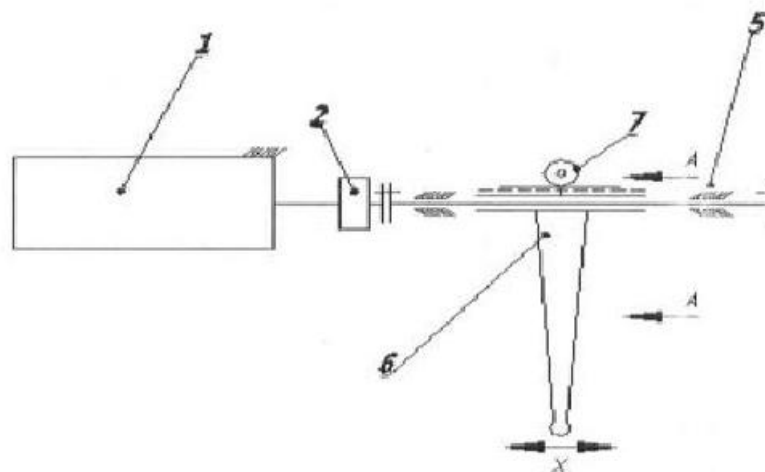
55 Запропонований механізм має ряд переваг в порівнянні з аналогами і прототипом. У силовому приводі використовується тільки один електродвигун. Механізм є універсальним оскільки збільшення кількості повзунів в коробці передач не викликає необхідності додавання ще одного механізму перемикання. Існує можливість установки розробленого механізму перемикання на штатні коробки передач без змін в конструкції останніх, зменшення навантаження на водія при керуванні автомобілем, менша ціна механізму перемикання.

60 Розроблений механізм може використовуватися для автоматизації перемикання передач на вантажних автомобілях та автобусах.

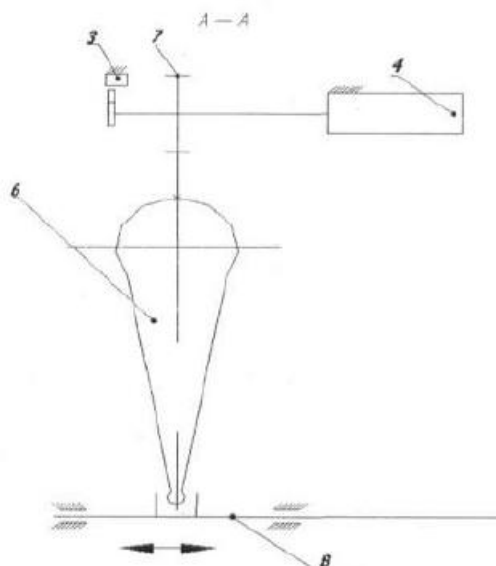
UA 93788 U

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Механізм автоматизованого перемикавання передач автотранспортного засобу, що включає в себе електродвигуни, кінематично пов'язані з важелем переміщення вилок перемикавання передач, датчиків положення важеля переміщення і електронного блока управління, який **відрізняється** тим, що в механізмі застосовуються два електродвигуни: силовий і селекторний, причому селекторний електродвигун управляє вибором передач, а силовий - поворотом важеля перемикавання передач.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Д. Шверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

ДОДАТОК Г.
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО
АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Богомолов В.О. Розробка адаптивних систем керування трансмісією: монографія / В.О. Богомолов, В.І. Клименко, М.Г. Михалевич, Д.М. Леонт'єв, О.О. Ярита, М.М. Сильченко – Харків: ХНАДУ, 2018.– 192с.
2. Богомолов В. А. Анализ существующих конструкций трансмиссий/ В. А. Богомолов, В. И. Клименко, Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Випуск №27 – С. 17–21.
3. Богомолов В. А. Результаты экспериментальных исследований механизма управления коробкой передач / В. А. Богомолов, В. И. Клименко, Н. Г. Михалевич, Г. К. Кальянов, В. В. Воробьев, Н. Н. Сильченко // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Випуск №29 – С. 126–128.
4. Богомолов В. О. Моделювання робочого процесу синхронізації у десятиступінчастій коробці передач вантажного автомобіля / В. О. Богомолов, В. І. Клименко, М. Г. Михалевич, М. М. Сильченко // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Випуск №29 – С. 56–61.
5. Сильченко Н.Н. Теоретическое исследование рабочих процессов, протекающих при переключении передач/ Н. Н. Сильченко // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сборник научных трудов Випуск №8 «Безопасность дорожного движения», – Минск, БНТУ, 2016, С.493–501.
6. Михалевич Н.Г. Анализ современных тенденций в развитии конструкций автоматизированого управления агрегатами трансмиссии / Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Вісник Харківського національного автомобільно–дорожнього університету, – Х.: ХНАДУ, 2016. – Випуск №75. – С. 54 – 57.
7. Михалевич Н.Г. Теоретическое исследование рабочих процессов в механизме переключения передач./ Н. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, – Х., 2017. – Випуск №1(50). – С. 88 – 91.

8. Михалевич М. Г. Усовершенствование параметров модели электродвигателя механизма переключения передач в трансмиссии автотранспортных средств./ М. Г. Михалевич, Н. Н. Сильченко // Автомобіль і Електроніка. Сучасні технології, – Х.: ХНАДУ, 2018. – Випуск №13 – С. 42–47.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Сильченко Н.Н. Исследование динамических процессов происходящих в электромеханическом механизме переключения передач/ Н. Н. Сильченко // Матеріали VI міжнародної науково – практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» м. Вінниця, 21 – 23 жовтня 2013 , 2013. – С. 62 – 63.

10. Сильченко М.М. Імітаційне моделювання процесів перемикання передач і дослідження законів перемикання / М.М. Сильченко // Актуальні питання розвитку, удосконалення та експлуатації озброєння та військової техніки в Національній гвардії України, 26 листопада 2015 р.: збірник тез доповідей – Харків, 2015 – С. 42.

11. Михалевич Н.Г. Теоретическое исследование рабочих процессов в механизме переключения передач / Н. Г. Михалевич, Н.Н. Сильченко // Новітні технології–для захисту повітряного простору тридцята наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба , 12–13 квітня 2017 р.: збірник тез доповідей – Харків, 2017 – С. 334.

12. Сильченко Н.Н., Михалевич Н.Г. Математическое моделирование механизма управления коробкой передач / Н. Н. Сильченко // Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті: Міжнародна науково-практична конференція присвячена 85-річчю заснування ХНАДУ, 85-річчю заснування автомобільного факультету та з нагоди Дня автомобіліста і дорожника Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 15-16 жовтня 2015 р.: наукові праці. – Харків, 2015. – С. 52 – 54.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

13. Пат. 93788 Україна, МПК F16H 59/00. Механізм автоматизованого перемикачів передач / заявники Богомолів В. О., Клименко В. І., Михалевич М.Г. Сильченко М.М. патентовласники Богомолів В. О., Клименко В. І. – № 201405714; заявл. 27.05.2014; надр. 10.10.2014. Бюл. №19

Відомості про апробацію результатів дисертації. Основні положення та результати теоретичних і експериментальних досліджень доповідалися та обговорювалися на:

– – 73 Науково–технічна та науково–методична конференція Харківського національного автомобільно–дорожнього університету (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 18 – 22 травня 2009 р.) очна;

– 74 Науково–технічна та науково–методична конференція Харківського національного автомобільно–дорожнього університету присвячена 80 річчю ХНАДУ (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 19 – 23 квітня 2010 р.) очна;

– 75 Науково–технічна та науково–методична конференція Харківського національного автомобільно–дорожнього університету (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 18 – 22 квітня 2011 р.) очна;

– 76 Науково–технічна і науково–методична конференція Харківського національного автомобільно–дорожнього університету (м. Харків, Україна, ХНАДУ, 9 – 13 квітня 2012 р.) очна;

– 78 науково–технічна та науково–методична конференції університету ХНАДУ (м. Харків 2014р.) очна;

– міжнародна науково–технічна конференція, присвячена 85–річчю заснування ХНАДУ та 85–річчю автомобільного факультету «Новітні технології в автомобілі будівництві та транспорті» (м. Харків, 2015 р.) очна;

– Науково–практичній конференції «Актуальні питання розвитку, вдосконалення та експлуатації озброєння та військової техніки в Національній гвардії України» (м. Харків, Україна, НАНГУ, 26 листопада 2015 р.) очна;

– III міжнародна науково–практична та науково–методична конференція присвячена 85–річчю кафедри автомобілів та 100–річчю з дня

народження професора А.Б. Гредескула «Нові технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці спеціалістів» (м. Харків, 2016 р.) очна;

– 30 наукова конференція Харківського національного університету повітряних сил імені Івана Кожедуба «Новітні технології – для захисту повітряного простору» (м. Харків, 2017 р.) очна.

ДОДАТОК Д.
АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директор державного підприємства
ДП «Харківський автомобільний завод»
О.Ф. Грабовець

2019 р.

АКТ

про впровадження розробки, виконаної фахівцями
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Даний акт складений комісією у складі:

Ткаченко В.Г. - головний інженер державного підприємства
«Харківський автомобільний завод»;

Клименко В.І. - проф. завідувач кафедрою автомобілів ХНАДУ;

Михалевич М.Г. - к.т.н., доцент кафедри автомобілів ХНАДУ.

Комісія провела роботу по визначенню фактичного використання державним підприємством ДП «Харківський автомобільний завод» розробок збудувача ХНАДУ Сильченко М.М. і встановила:

1. Розроблено механізм перемикання передач який доцільно використовувати для модернізації існуючих та створенні нових автомобілів з автоматизованим керуванням коробкою передач.

2. Запропоновано закон керування механізмом перемикання передач, що дозволяє зменшити перевантаження синхронізатора.

3. Одержано діапазон значень жорсткості виконавчого механізму перемикання при якому скорочується час включення передачі та виключаються ударні навантаження між зубцями муфт.

4. Визначено закон керування механізмом перемикання, що дозволяє запобігти зворотньому руху муфти після повного включення.

Комісією встановлено, що ступінь участі здобувача Сильченко М.М. становить 80%. Результати досліджень прийняті державним підприємством ДП «ХАРКІВСЬКИЙ АВТОМОБІЛЬНИЙ ЗАВОД» до подальшого використання в перспективних розробках підприємства. Визначення конкретного економічного ефекту виконаних досліджень на етапі дослідних розробок не представляється можливим.


Акт складено в 4-х примірниках.

Примірники 1,2,3 передані в ХНАДУ.

Члени комісії:

 В.Г. Ткаченко

 В.І. Клименко

 М.Г. Михалевич