

Вінницький національний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Графічний матеріал до
магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**Покращення експлуатаційних характеристик дизеля
застосуванням стартер-генераторної установки в умовах
товариства з обмеженою відповідальністю «Автотранспортне
підприємство Слободянюк»**

Розробив: ст. гр. 1АТ-19м

Комар Д.П.

Керівник: к. т. н., доцент

Смирнов Є. В.

Мета роботи – підвищення експлуатаційних характеристик дизелів типу ISUZU 4HG1 за рахунок застосування інтегрованої стартер-генераторної установки з мікропроцесорним керуванням в умовах ТОВ «АТП Слободянюк».

Завдання дослідження

- провести аналіз проблеми та умов забезпечення ефективного пуску дизеля в холодних умовах;
- проаналізувати ситуацію з розвитком СГУ в автомобільній промисловості та наукових розробках;
- обґрунтувати положення щодо дослідження пускових характеристик дизеля з використанням високоефективних засобів, створених на основі інтегрованих стартер-генераторних установок з автоматичним управлінням процесами пускового режиму двигуна;
- виконати організаційно-технологічні розрахунки виконання робіт по діагностуванню, ТО і ремонту автомобілів на базі ТОВ «АТП Слободянюк» ;
- розробити ефективну компоновальну схему інтегрованої стартер-генераторної установки;
- на основі обґрунтованої математичної моделі здійснити розрахункове дослідження пускового режиму дизелів типу ISUZU 4HG1 із застосуванням інтегрованої стартер-генераторної установки в умовах низьких температур.

Об'єкт дослідження – процеси, що протікають в дизелі і електричній машині СГУ в умовах їх спільної роботи в пусковий період.

Предмет дослідження – вплив на пускові та інші експлуатційні властивості дизеля типу ISUZU 4HG1 застосування інтегрованої стартер-генераторної установки.

Наукова новизна отриманих результатів

- отримали подальший розвиток математичні моделі і методи дослідження пускових характеристик дизеля і засобів для його реалізації на основі застосування інтегрованих СГУ з електронним управлінням процесами пускового режиму;
- удосконалено положення з найбільш доцільного формування енергодинамічних характеристик інтегрованої системи «Дизель-СГУ» для різних температурних умов експлуатації автомобілів.

Практичне значення отриманих результатів

полягає у аналітичному обґрунтуванні доцільності застосування СГУ на автомобілях, що обумовлює зниження зносу дизеля пропорційно зменшенню часу пускового процесу а також виключенню необхідності спроб повторних запусків дизеля.

Фактори, що обумовлюють труднощі холодного пуску дизеля і методи його полегшення



Характеристика ТОВ “АТП Слободянюк”

Основні види діяльність:

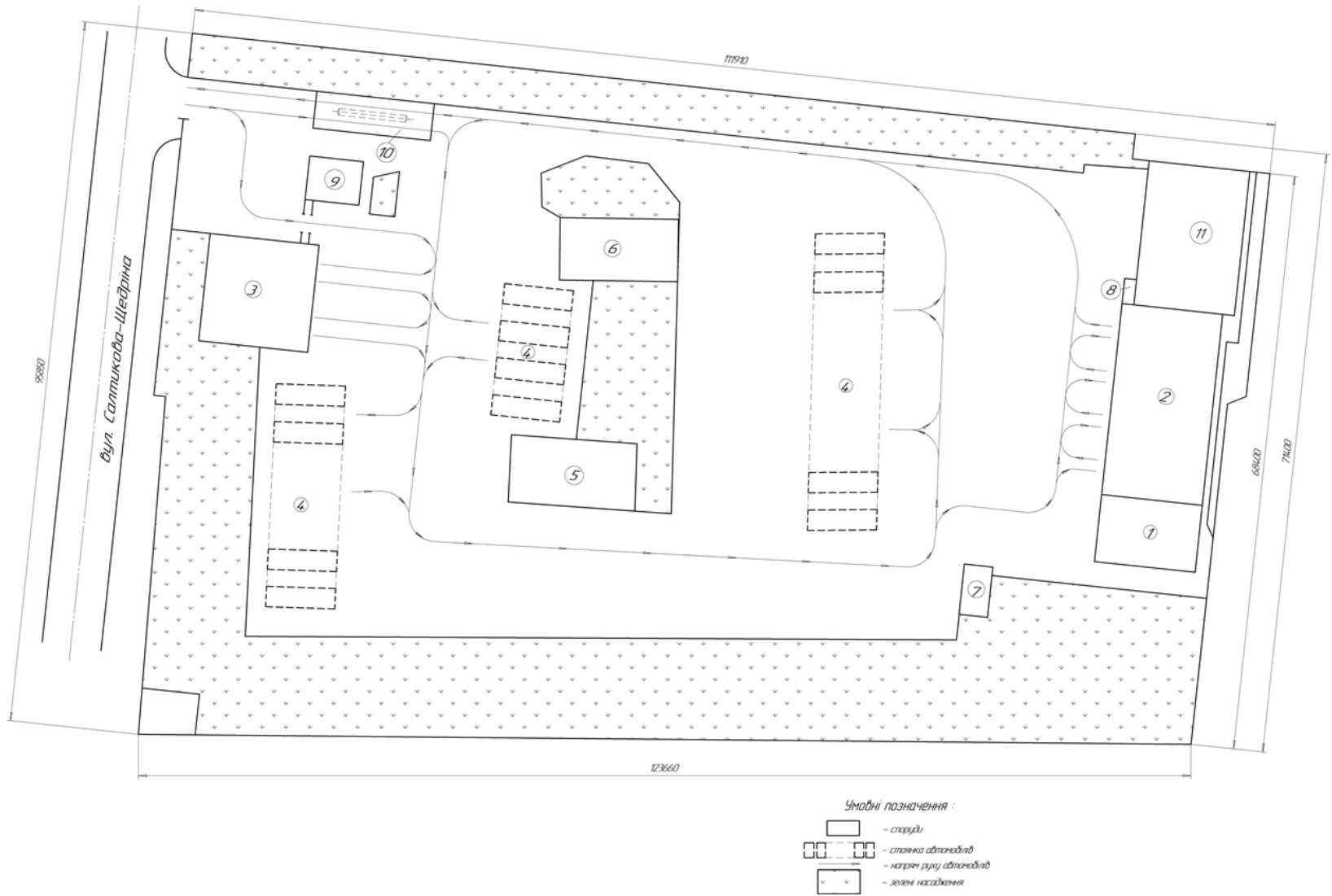
- Пасажирські перевезення;
- Надання послуг з ТО та ремонту;
- Офіційний дилер "ІСУЗУ-АТАМАН УКРАЇНА".

Рухомий склад 35 автобусів марок Богдан/Атаман

Таблиця 1 – Основні дані про роботу автобусів

Показники	2017	2018	2019
Середньооблікова кількість автобусів, од	33	34	35
Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	12,05	12,41	12,78
Автомобіледні в роботі, тис.	8,19	8,81	8,81
Час в наряді, тис. год.	86,00	84,85	81,98
Пробіг з пасажирами, тис. км	1258,7	1294,9	1333,71
Загальний пробіг, тис. км	1482,50	1471,45	1533,77
Обсяг перевезень, тис. пас	715,21	731,39	784,79
Пасажирообіг, тис. пас.км	704483,33	720423,73	773018,32

Схема генерального плану



1 – Адміністративний корпус; 2 - Виробничий корпус №1; 3 -Виробничий корпус №2; 4 - Місця для стоянки; 5 - Склад мастильних матеріалів; 6 -Допоміжне приміщення; 7 - Очисні споруди; 8 – Компресорна; 9 – КПП; 10 – Навіс; 11- Складські приміщення

Визначення опору прокручуванню колінчастого вала при пуску

1) Робота (L_T) на подолання всіх сил тертя в рухомих елементах конструкції дизеля, з урахуванням втрат, зумовлених витокami через кільця і охолодженням робочого тіла (РТ); традиційно значення L_T оцінюють за величиною середнього тиску тертя p_m ;

2) Робота (L_k), затрачена на первинне подолання компресії в циліндрах дизеля протягом одного першого оберту колінчастого валу дизеля;

3) Робота (L_j), необхідна для забезпечення прискорення всіх рухомих мас до рівня пускової частоти обертання, при якій реалізується ефективний запуск дизеля.

Сумарна робота, необхідна для успішного пуску дизеля:

$$L_{np} = L_T + L_k + L_j$$

Сумарний крутний момент, створюваний стартерною установкою

$$M_{np}(\varphi) = M_T(\varphi) + M_k(\varphi) + M_j(\varphi)$$

Момент тертя

$$M_T(\varphi) = 10^{-3} \frac{V_h i}{4\pi} p_T(\varphi)$$

де V_h - робочий об'єм циліндра (м^3); i - кількість циліндрів; p_T - середній тиск тертя прокручування вала двигуна (Па); φ - кутове положення колінчастого вала ($^\circ$ п.к.в.).

Середній тиск тертя

$$p_T(\varphi) = 0,2 + 1,31 \left(\frac{n}{100} \right)^{1/4} \nu^{1/3} = 0,2 + 1,31 \left(\frac{3\omega}{10\pi} \right)^{1/4} \nu^{1/3}$$

де ν - кінематична в'язкість використовуваної моторної оливи.

Визначення опору прокручуванню колінчастого вала при пуску (продовження)

Робота тертя за весь пусковий період $L_T(\varphi) = \int_{\varphi=0}^{\varphi} M_T(\varphi) d\varphi$

Момент, що витрачаються на забезпечення прискорення обертання вала дизеля

$$M_j(\varphi) = I_m \frac{d\omega}{d\tau}$$

де I_m - полярний момент інерції всіх рухомих мас деталей, приведений до осі вала дизеля.

Середній тиск процесу подолання сил інерції $p_j = \frac{4\pi M_j}{10^{-3} V_h i}$

Робота, що витрачається на протязі всього періоду пускового розгону

$$L_j(\varphi) = I_m \int_{\omega=0}^{\omega} \omega \frac{d\omega}{d\varphi}$$

Робота L_k , що витрачається на примусове здійснення насосних ходів в умовах холодного пуску дизеля

$$L_k = 403 V_h i$$

Середній тиск при примусовому здійсненні насосних ходів

$$p_k = \frac{4\pi M_k}{10^{-3} V_h i}$$

Модель стартер-генераторної установки

Момент, створюваний вентильно-індукторною машиною полюсами з котушками k -тої фази

$$M_k \approx -\frac{Z_r}{10\Delta\alpha} \left(-2W_{k(-2)} - W_{k(-1)} + W_{k(+1)} + 2W_{k(+2)} \right)$$

де $\Delta\alpha$ - електричний радіан;

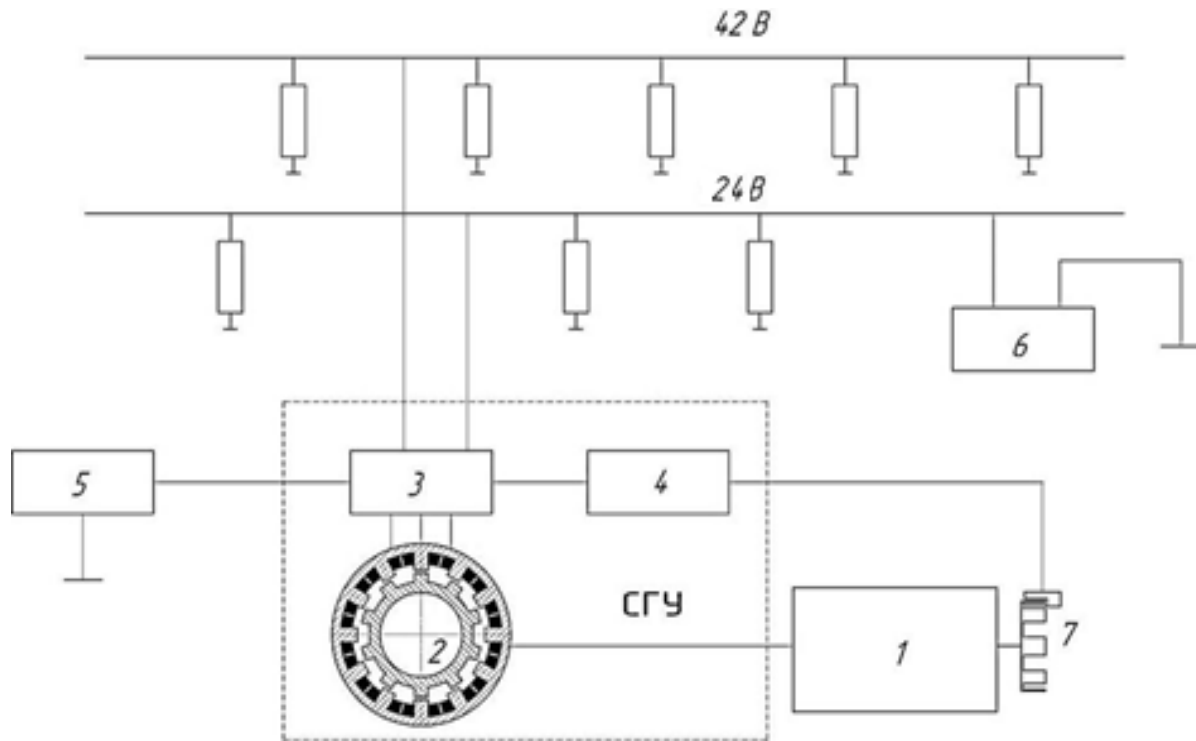
$W_{k(-2)} \dots W_{k(+2)}$ – магнітна енергія k -тої фази, обумовлена полем повітряного зазору, при кутовому переміщенні ротора енергія магнітного поля, що визначається повітряним зазором при невеликих переміщеннях ротора.

Диференціальні рівняння ВІМ

$$\begin{cases} \frac{d\Psi_k}{dt} = u_k - r_k i_k; \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{Z_2}{j} (M - M_n); \\ \frac{d\alpha}{dt} = \omega, \end{cases}$$

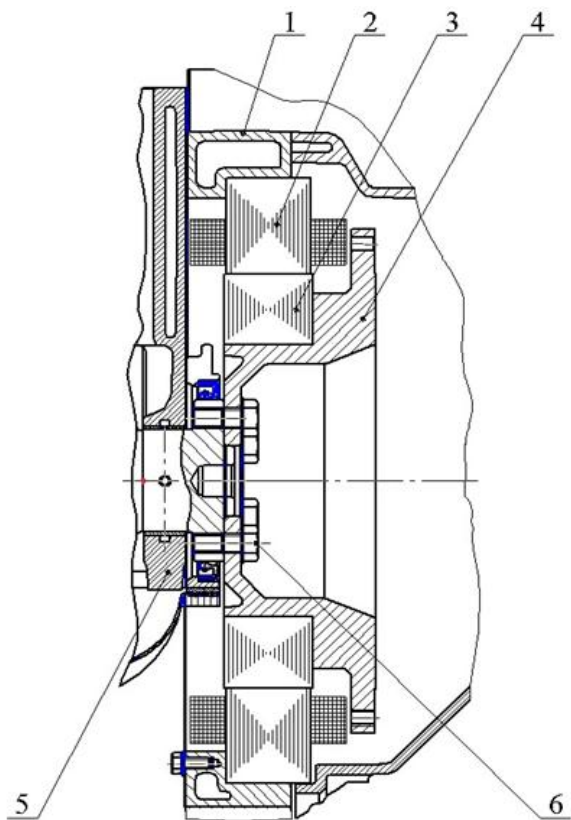
де k – номер фази, $k = 1, 3$; Ψ_k , u_k , i_k – потокозчеплення, напруга і струм k -ої фазної обмотки; ω – кутова швидкість обертання валу ротора; J - інерційний момент системи; Z_2 – кількість зубців ротора; α – кут положення ротора.

Функціональна схема системи з стартер-генераторною установкою



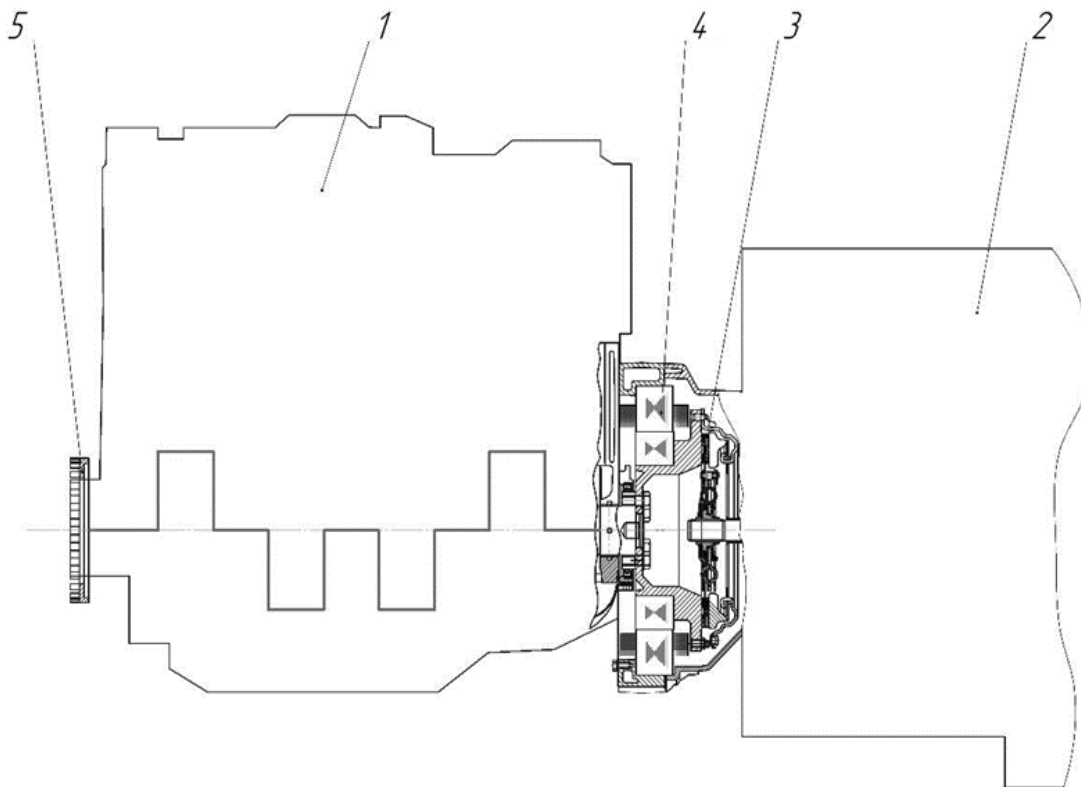
1 - дизель; 2 - вентиляно-індукторного машина; 3 - силовий перетворювач; 4 - блок управління; 5 - енергоємний конденсатор; 6 - акумуляторна батарея; 7 - датчик кутového положення ротора СГУ

Компонувальна схема системи з стартер-генераторною установкою



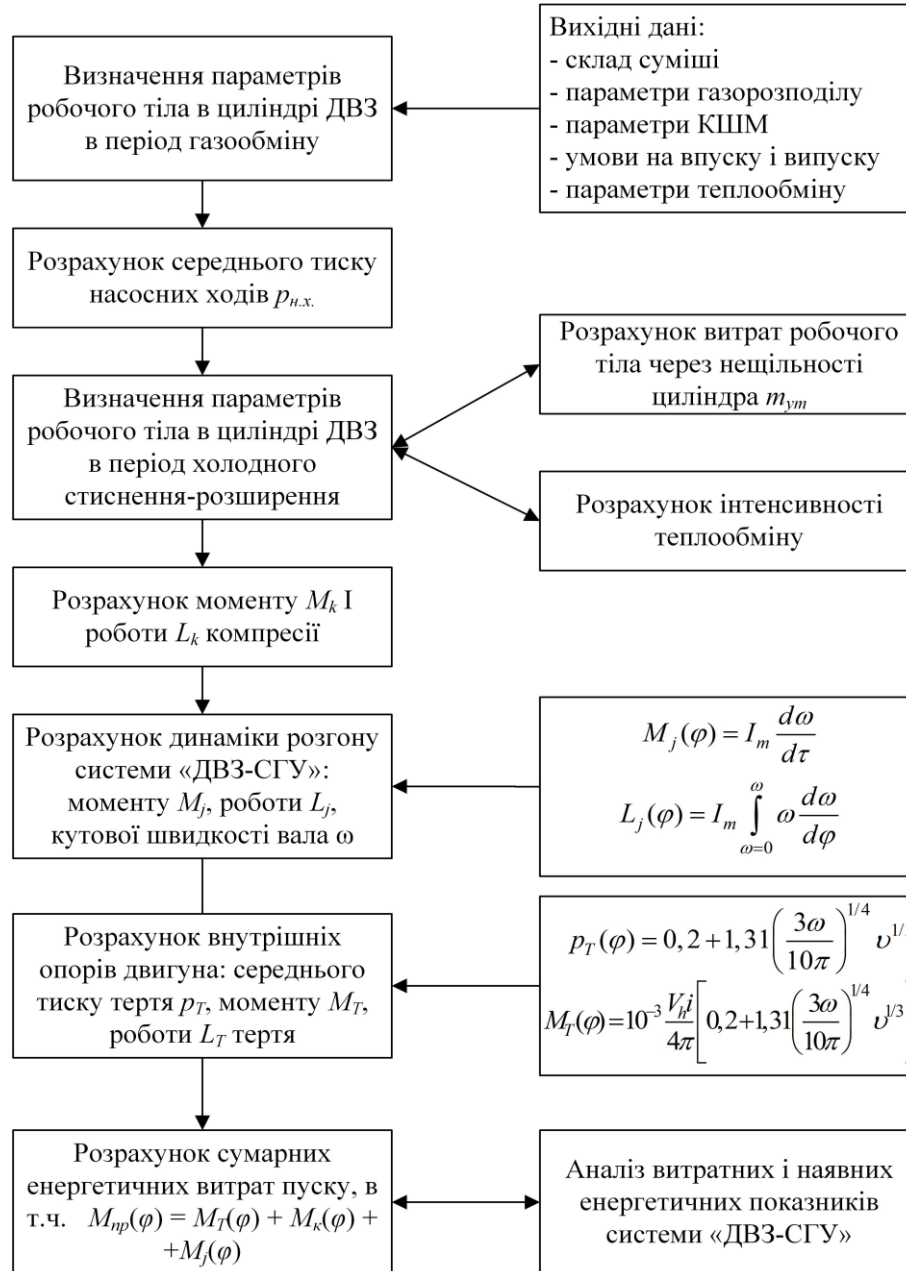
1 - проставка охолодження; 2 - статор; 3 - ротор ВІМ; 4 - маховик; 5-блок циліндрів; 6- болт кріплення маховика з ротором ВІМ.

Рисунок 1– Схема установки ВІМ СГУ в корпусі маховика



1-дизель; 2 - коробка передач; 3 - зчеплення; 4 – вентильно-індукторна машина СГУ; 5 - датчик положення ротора ВІМ
Рисунок 2 – Схема розміщення вентильно-індукторної машини СГУ в складі силового агрегату

Алгоритм проведення математичного дослідження системи «Дизель - СГУ»



Результати дослідження ефективності системи «Дизель-СГУ»

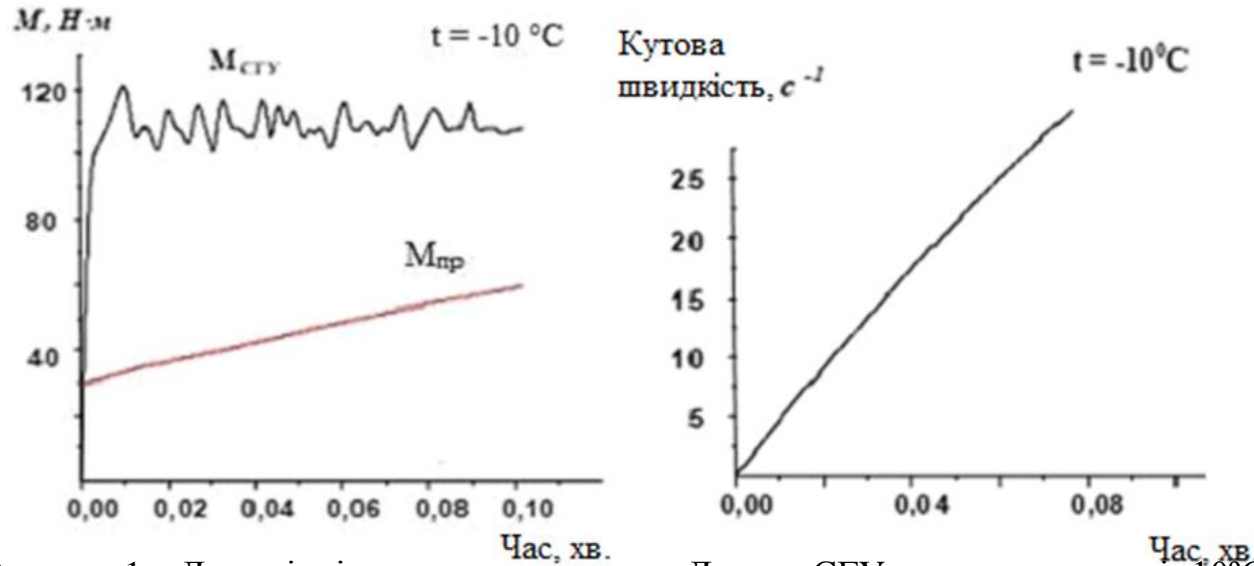


Рисунок 1 – Динамічні показники системи «Дизель-СГУ» при температурі -10°C

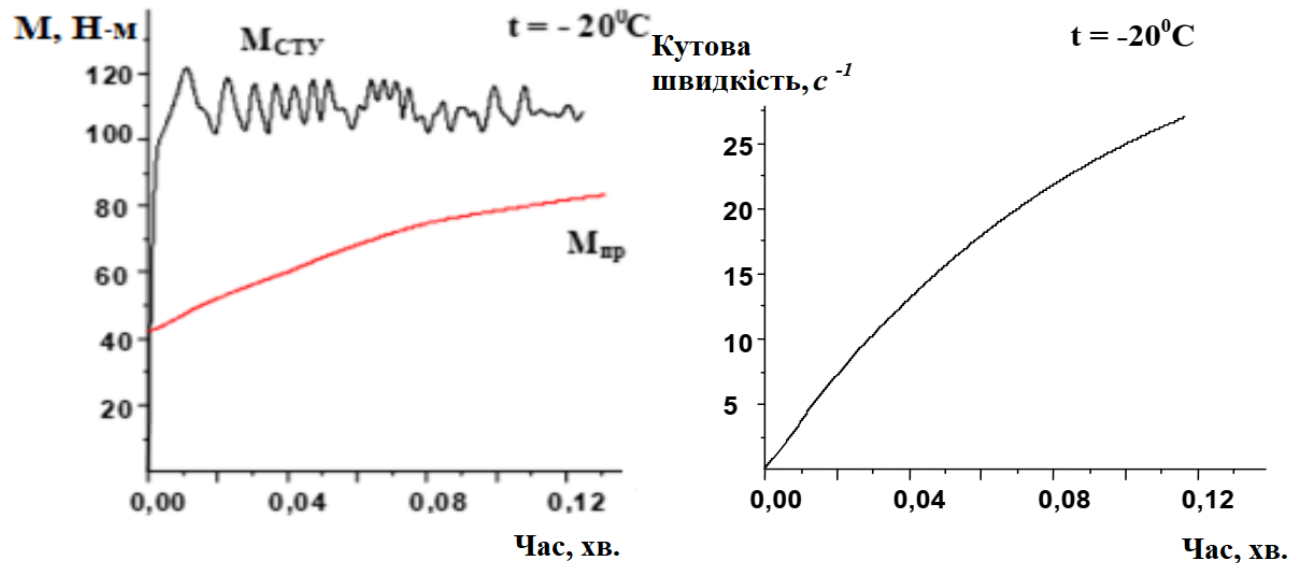


Рисунок 2 – Динамічні показники системи «Дизель-СГУ» при температурі -20°C

Результати дослідження ефективності системи «Дизель-СГУ» (продовження)

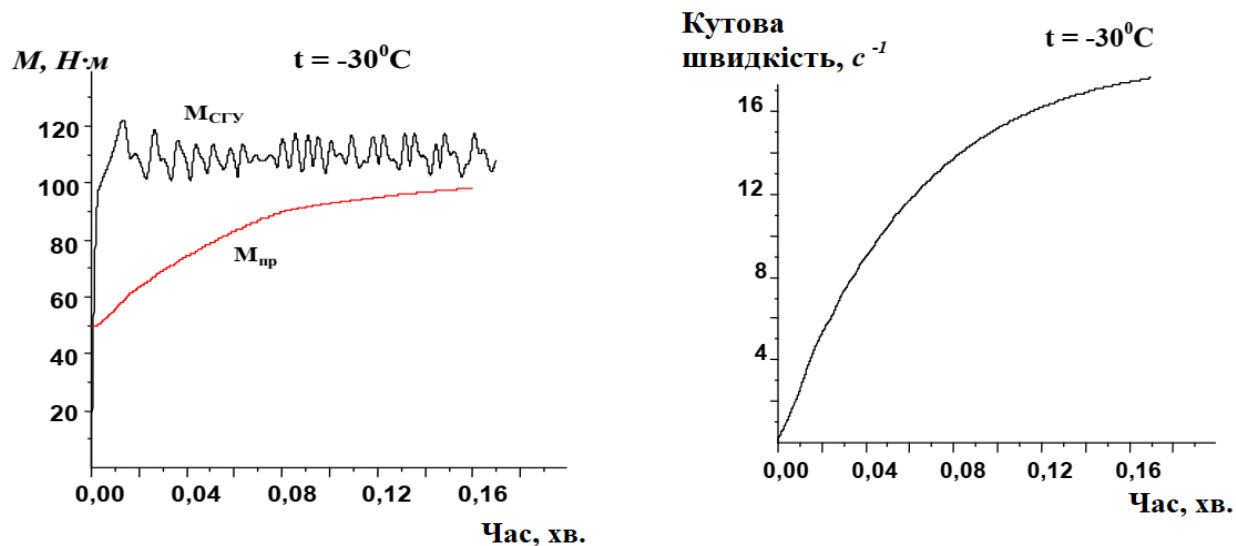


Рисунок 3 – Динамічні показники системи «Дизель-СГУ» при температурі -30°C

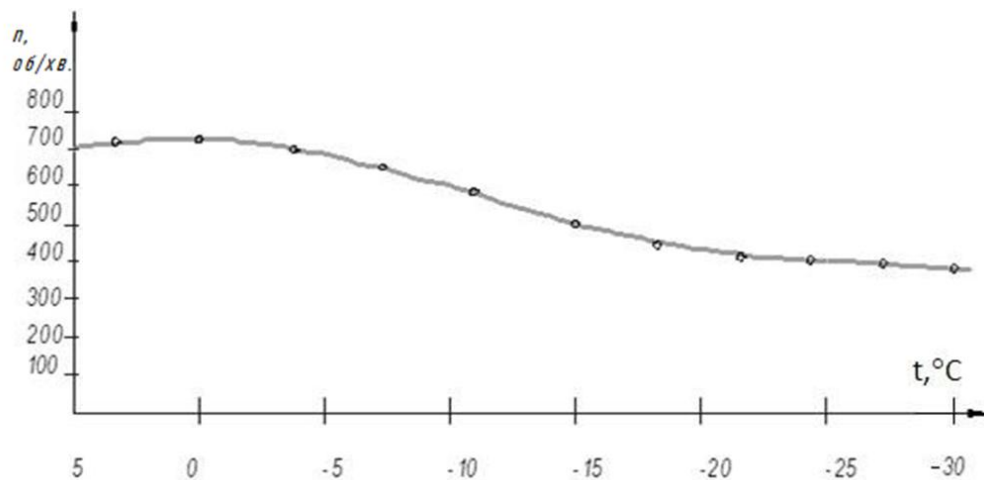


Рисунок 4 – Залежність швидкісного режиму СГУ в період пуску дизеля від температури

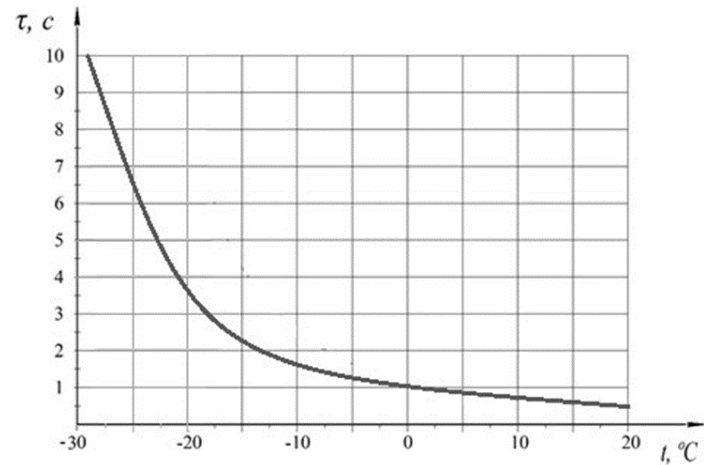


Рисунок 5 – Залежність часу запуску дизеля від температури

Висновки

Під час виконання даної магістерської кваліфікаційної роботи було вирішено науково-практичне завдання по покращенню експлуатаційних властивостей дизеля шляхом застосування інтегрованої стартер-генераторної установки.

1. На основі аналіз проблеми холодного пуску дизеля та умов його успішного запуску встановлено, що підвищення експлуатаційної надійності і ресурсних характеристик дизеля обумовлює необхідність скорочення тривалості пускового процесу і виключення багаторазового повторення спроб пуску двигуна.

2. Підвищення енергетичної ефективності пускової системи та здатності генерувати електроенергію підвищеної напруги в широкій області зміни швидкісного режиму дизеля можливе за рахунок використання стартер-генераторних установок інтегрованого типу.

3. Аналіз показників роботи, структури і стану рухомого складу, структури і стану ВТБ ТОВ «АТП Слободянюк», показав що темпи розвитку наявної ВТБ відстають від темпів розвитку рухомого складу. Велика завантаженість обладнання і ремонтних робітників потребує удосконалення технологічного забезпечення ТО і ремонту автобусів.

4. Обґрунтовано математичні моделі розрахунку енергетичних і динамічних показників пускового режиму на базі скоординованого моделювання робочих процесів дизеля і вентильно-індукторної машини СГУ, орієнтована на пошук рішень по організації ефективного низькотемпературного пуску дизеля.

5. В третьому розділі розрахована ВТБ ТОВ «АТП Слободянюк». Було визначено виробничу програму, обсяги робіт, чисельність виробничого персоналу та кількість постів. На основі розрахунків встановлено що наявні приміщення ВТБ цілком відповідають розрахункам.

6. На основі математичної моделі здійснено розрахункове дослідження, за результатами якого виявлено найбільш доцільні енергетичні і динамічні характеристики пускової системи для дизеля ISUZU 4HG1 з урахуванням низькотемпературних умов його експлуатації. Розрахунком встановлено, що в стартерному режимі система з СГУ забезпечує пусковий момент понад $100 \text{ Н} \cdot \text{м}$ і потужність, необхідну для гарантованого пуску дизеля при температурі -30°C .

7. Обладнання автобусів Богдан А092 стартер-генераторною установкою дозволяє знизити витрату палива автобусів, а термін окупності модернізації складає 2,85 роки.

8. В п'ятому розділі вивчено питанням з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на підприємстві.