

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ**

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних
комплексів»
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Автори: *Торопов Антон Валерійович, к.т.н.*
Босак Алла Василівна, к.т.н., доц.
Прядко Сергій Леонідович,
Торопова Лілія Володимирівна

Рецензент *Чернявський А.В., к.т.н., доц. кафедри електропостачання*

Відповідальний редактор *Кулаковський Л.Я., к.т.н., доц. кафедри автоматизації електротехнічних і мехатронних комплексів*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 27.04.2023 р.)
за поданням Вченої ради навчально-наукового інституту
енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 6 від 24.03.2023 р.)*

У представленому посібнику викладено основні положення щодо виконання практичних робіт, тематика яких обіймає розділи курсу по вивченню процедури роботи із системами автоматизованого інженерного розрахунку електроприводів на основі пристроїв плавного пуску та перетворювачів частоти. Також здійснюється конфігурування електродвигунів змінного струму із вбудованими редукторами, гальмами та датчиками зворотного зв'язку за швидкістю та положенням. Навчальне видання до виконання практичних робіт основні теоретичні відомості з принципів роботи елементів електроприводу, програму роботи, вказівки для її виконання та контрольні запитання.

Розглянуто принципи роботи систем автоматизації інженерних розрахунків електроприводу від провідних світових виробників електрообладнання, розглянуті особливості вибору опціональних компонентів та формування коду замовлення для виробника з урахуванням всіх додаткових опцій.

Навчальне видання призначене для здобувачів ступеня бакалавр за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів»

Реєстр. № НП 22/23-627. Обсяг 2,8 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідectво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© А.В. Торопов, А.В. Босак, С.Л. Прядко, Л.В. Торопова
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

З М І С Т

ВСТУП	4
Практична робота №1. Розрахунок пристрою плавного пуску з двома регульованими фазами для запуску насосу	5
Практична робота №2. Розрахунок пристрою плавного пуску з трьома регульованими фазами для запуску відцентрового вентилятора	12
Практична робота №3. Розрахунок пристрою плавного пуску для запуску пожежного насосу	19
Практична робота №4. Проектування мотор – редуктора із асинхронним двигуном Watt Drive	26
Практична робота №5. Розрахунок компонентів системи «Децентралізований перетворювач частоти – асинхронний двигун» для підйомного механізму	32
Практична робота №6. Розрахунок компонентів системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун» для обертового столу	38
Практична робота №7. Розрахунок компонентів системи «перетворювач частоти – сервоасинхронний двигун» для ескалатора	46
Практична робота №8. Вибір електропривода для обертового столу з точним позиціонуванням	50
Практична робота №9. Розрахунок сервоприводу для механізму лінійного переміщення	57
Список рекомендованої літератури	63

ВСТУП

Дисципліна «Системи автоматизації інженерних розрахунків електроприводу» є однією із завершальних у професійній підготовці інженерів за фахом «Інженерне проектування електротехнічних та мехатронних систем». Вона є логічним продовженням таких спеціальних дисциплін як «Основи електромехатроніки», «Електропривод», «Автоматизований електропривод машин і установок» та ін.

Основна мета практичних занять – дати студентам практичні навички щодо роботи із системи автоматизованого інжинірингу електромеханічних систем від відомих світових виробників електротехнічного обладнання. При цьому студент здійснює вибір систем електроприводу із використанням пристроїв плавного пуску, перетворювачів частоти для асинхронних та синхронних двигунів, опціональних додаткових пристроїв для двигунів, таких як електромагнітні гальма, датчики зворотного зв'язку за швидкості, роз'ємів для підключення двигуна, спеціалізовані кабелі. В кінці виконання практичних робіт формується замовний лист та повна назва позицій, що відповідають спроектованому електроприводу в якості готового результату використання системи автоматизації інженерного розрахунку.

Навчальне видання до практичних робіт містить основні теоретичні відомості, та практичні завдання, що присвячені різним задачам автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Для самостійної підготовки студенти користуються конспектом лекцій, та рекомендованою літературою.

Практична робота №1. Розрахунок пристрою плавного пуску з двома регульованими фазами для запуску насосу

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню системи плавного пуску асинхронного двигуна для турбомеханізму.

Порядок проведення роботи

1. Запустити програмне забезпечення для вибору пристроїв плавного пуску.
2. Вибрати відповідний механізм та характер навантаження для турбомеханізму.
3. Вибрати режим пуску асинхронного двигуна, відповідно до режимів роботи.
4. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

Для проектування системи плавного пуску асинхронного електродвигуна для турбомеханізму необхідно мати доступ до мережі Internet, та пройти за посиланням на сайт онлайн – конфігурування системи електроприводу із пристроєм плавного пуску sdw.weg.net. При цьому відкриється наступне вікно, представлене на рис. 1.1.

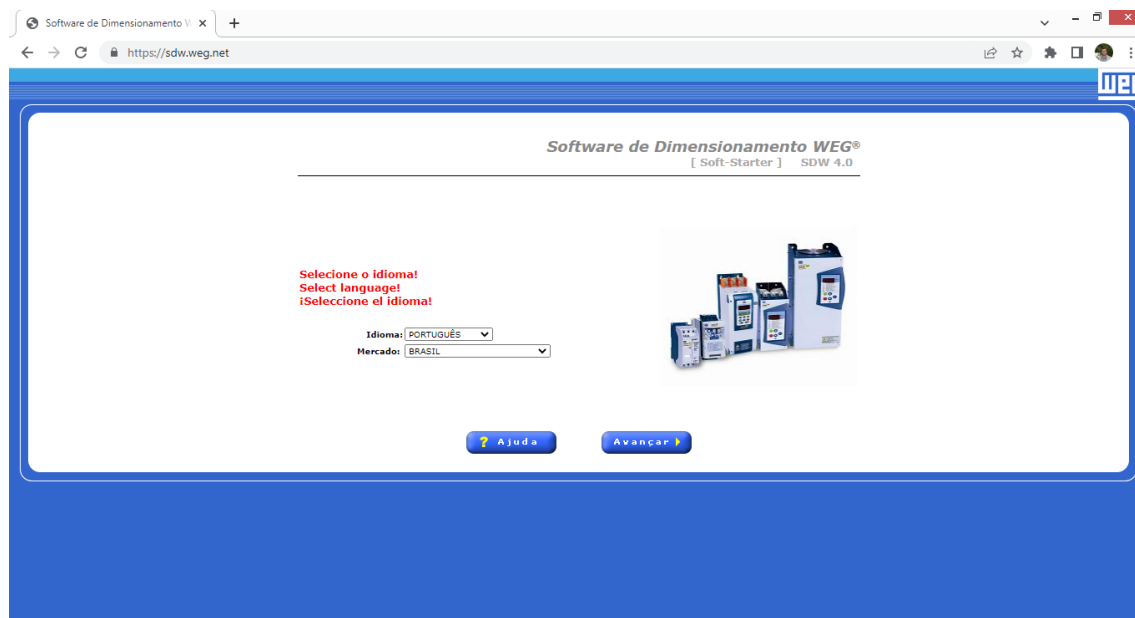


Рис. 1.1. Вікно вибору регіону застосування

Необхідно вибрати мову та існуючих регіон застосування. Це впливатиме не тільки на інтерфейс взаємодії з користувачем, а й аналіз роботи з двигунами, що відповідають стандартам відповідного регіону. Вибираємо регіон «Європа», що забезпечить відповідність вибраного електрообладнання стандартам МЕК (Міжнародної

електротехнічної комісії), що наразі діють в Україні, результати можна побачити на рис. 1.2.

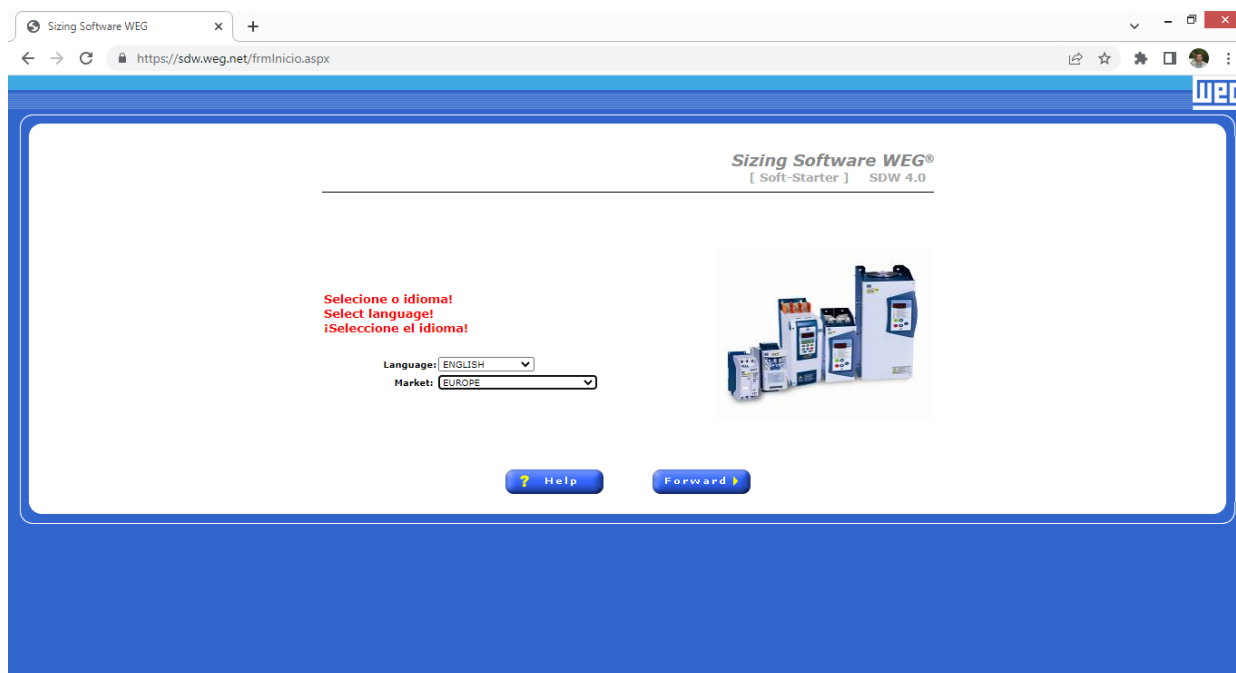


Рис. 1.2. Вікно налаштувань для європейського регіону

Далі відкривається вікно попередження, що неправильне використання даних приводить до отримання невірних результатів, представлене на рис.1.3.

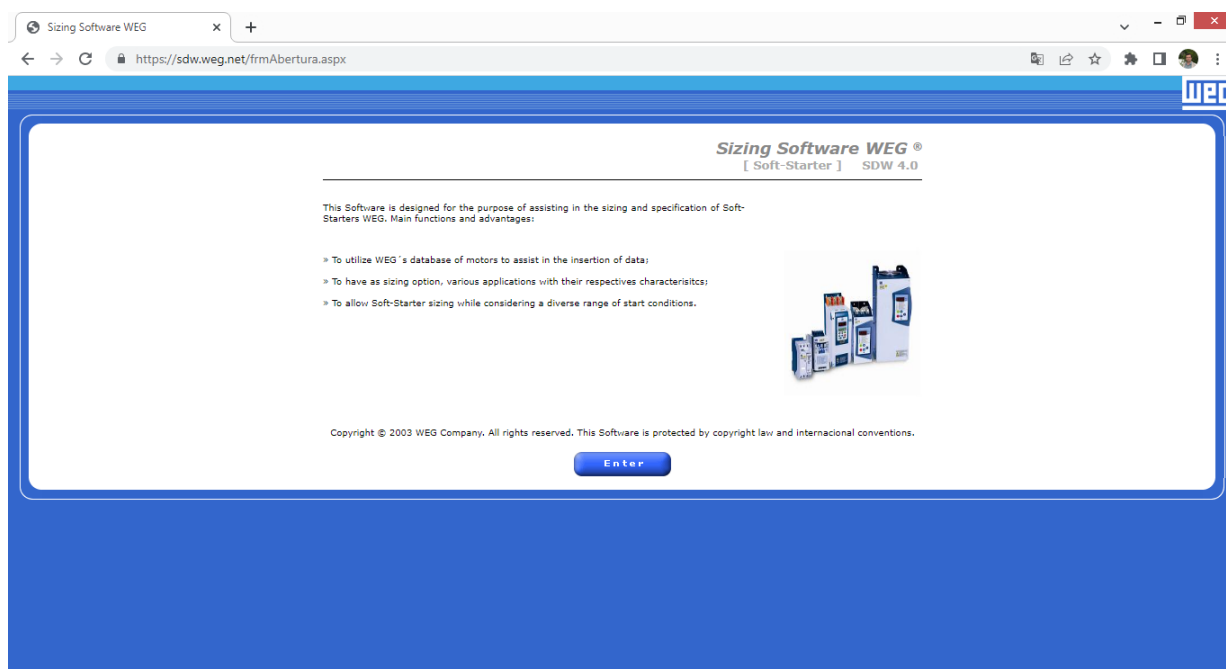


Рис. 1.3. Вікно попередження про відповідальність при вводі невірних вихідних даних

Спочатку вводяться параметри двигуна, що має бути запущений від пристрою плавного пуску, як це представлено на рис. 1.4.

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://sdw.weg.net/frmEtap1.aspx>. The page title is "Sizing Software WEG® [Soft-Starter] SDW 4.0". The main content area is titled "Motor Data" and contains a form with the following fields:

- Motor Type / Line:** A dropdown menu showing "W21 - Cast Iron Frame - EFF1 Premium Efficiency 50 Hz".
- Standard IEC:** A dropdown menu showing "Standard IEC".
- Number of Poles:** A dropdown menu showing "4".
- Category:** A dropdown menu showing "N".
- Rated Frequency:** A dropdown menu showing "50 Hz".
- Rated Voltage:** A dropdown menu showing "400 V".
- Rated Output:** A dropdown menu showing "0.12 kW".

To the right of the form is an image of a WEG soft starter. Below the form is a "MESSAGE" box and three buttons: "Back", "Help", and "Forward".

Рис. 1.4. Вікно вводу параметрів двигуна

Двигун рекомендується використовувати з класом енергоефективності не нижче IE2, згідно стандартів енергоефективності обладнання, що може використовуватись в Україні, як це представлено на рис. 1.5.

The screenshot shows the same web browser window as in Figure 1.4, but the "Motor Type / Line" dropdown menu is open, displaying a list of motor options. The options include:

- W21 - Cast Iron Frame - EFF1 Premium Efficiency 50 Hz
- Brake Motor - Cast Iron Frame - Exceeds EFF1 - Top Premium Efficiency 50 Hz
- Brake Motor - Cast Iron Frame - EFF1 Premium Efficiency 50 Hz
- W21 - Aluminium Frame - Exceeds EFF1 - Top Premium Efficiency 50 Hz
- Brake Motor - Aluminium Frame - EFF1 Premium Efficiency 50 Hz
- Explosion Proof with Brake - EFF2 Improved Efficiency 50 Hz
- Explosion Proof with Brake - EFF1 Premium Efficiency 50 Hz
- Non Sparking - Exceeds EFF1 - Top Premium Efficiency - (Ex nA) 50 Hz
- Cast Iron Frame for Zone 21 - EFF2 Improved Efficiency 50 Hz
- Cast Iron Frame for Zone 21 - EFF1 Premium Efficiency 50 Hz
- Cast Iron Frame for Zone 21 - Exceeds EFF1 - Top Premium Efficiency 50 Hz
- W22 Cast Iron Frame - Standard Efficiency (IE1) 50 Hz
- W22 Cast Iron Frame - Premium Efficiency (IE2) 50 Hz
- W21 - Cast Iron Frame - EFF2 Improved Efficiency - 50°C 50 Hz
- M Line - MGFL - Low and High Voltage - TEAAC - Squirrel Cage 60 Hz
- M Line - MGA - Low and High Voltage - ODP - Squirrel Cage 60 Hz
- M Line - MAA - Low and High Voltage - ODP - Slip Ring 60 Hz
- M Line - MAF - Low and High Voltage - TEAAC - Slip Ring 60 Hz
- M Line - MGFL - Low and High Voltage - ODP - Squirrel Cage 60 Hz
- H Line - HGF - Low Voltage - TEFC 60 Hz

The "W22 Cast Iron Frame - Premium Efficiency (IE2) 50 Hz" option is highlighted. The rest of the interface, including the "MESSAGE" box and "Back", "Help", and "Forward" buttons, remains the same.

Рис. 1.5. Можливі варіанти серій двигунів від виробника WEG

Вибираємо потужність двигуна для довільного механізму. В якості зразку виберемо електродвигун системи водопостачання багатоповерхівки потужністю 2,2кВт. При цьому номінальна напруга приймаємо рівною 400В. Вікно із вищезазначеними характеристиками має вигляд, представлений на рис. 1.6.

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://sdw.weg.net/firmEtapa1.aspx>. The page title is "Sizing Software WEG® [Soft-Starter] SDW 4.0". The main content area is titled "Motor Data" and contains the following fields:

- Motor Type / Line: W22 Cast Iron Frame - High Efficiency (IE2) 50 Hz
- Standard IEC
- Number of Poles: 4
- Category: N
- Rated Frequency: 50 Hz
- Rated Voltage: 400 V
- Rated Output: 2.2 kW

To the right of these fields is an image of three WEG soft starters. Below the fields is a "MESSAGE" box and three buttons: "Back", "Help", and "Forward".

Рис. 1.6. Вікно із паспортними параметрами двигуна

В результаті отриманих даних з бази даних WEG вибирається відповідний двигун зі своїми характеристиками, представленими на рис. 1.7.

The screenshot shows the same web browser window, but the URL is <https://sdw.weg.net/firmEtapa2.aspx>. The page title is "Sizing Software WEG® [Soft-Starter] SDW 4.0". The main content area is titled "Motor Data" and contains the following fields:

- Power Factor: 0.81 pu
- Efficiency: 84.5 %
- Rated Current: 4.64 A
- Service Factor: 1
- Locked Rotor Time: 16 s
- Moment of Inertia (J): 0.00822 kg.m²

To the right of these fields is an image of three WEG soft starters. Below the fields is a "MESSAGE" box and three buttons: "Back", "Help", and "Forward".

Рис. 1.7. Каталогні дані двигуна WEG відповідно за вибраної серії та потужності

Якщо в реальній системі характеристики використовуваного двигуна відрізняються, то їх також треба змінити в проєкті.

Після цього система інженерних розрахунків формує відповідно даних бази двигунів WEG із «хмари» механічну та електромеханічну характеристики отриманого двигуна, що вказуються у відносних одиницях на рис. 1.8.

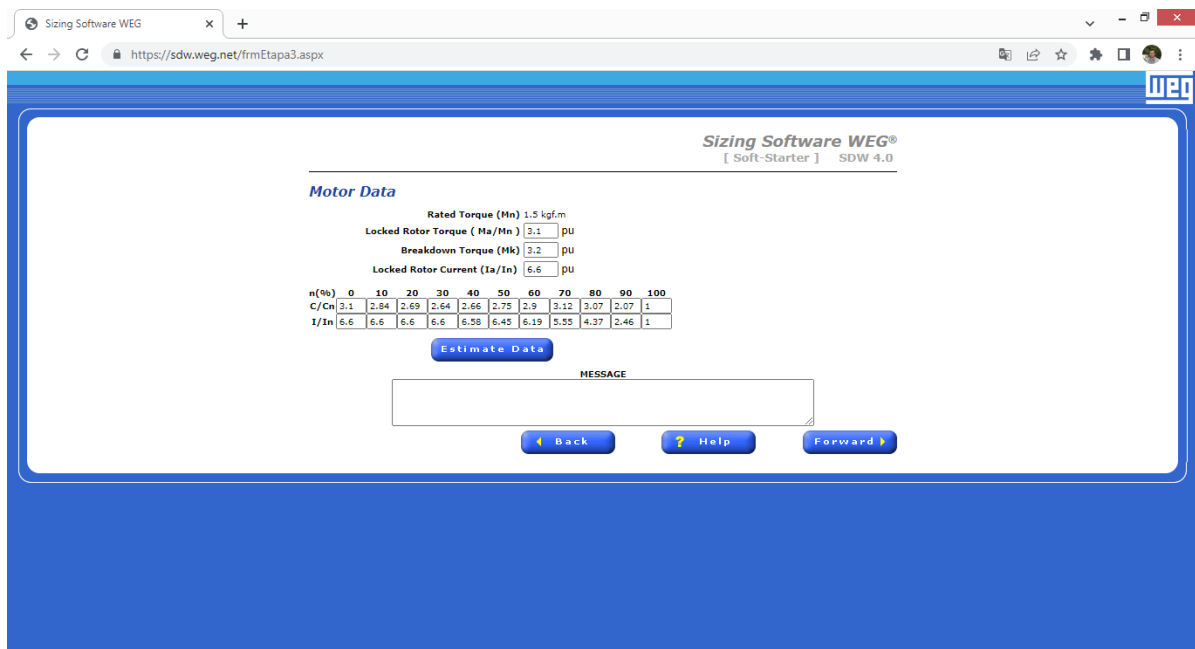


Рис. 1.8. Механічна та електромеханічна характеристики вибраного двигуна

Далі вводяться параметри виконавчого механізму. В якості механізму вибираємо відцентровий насос, представлений на рис. 1.9.

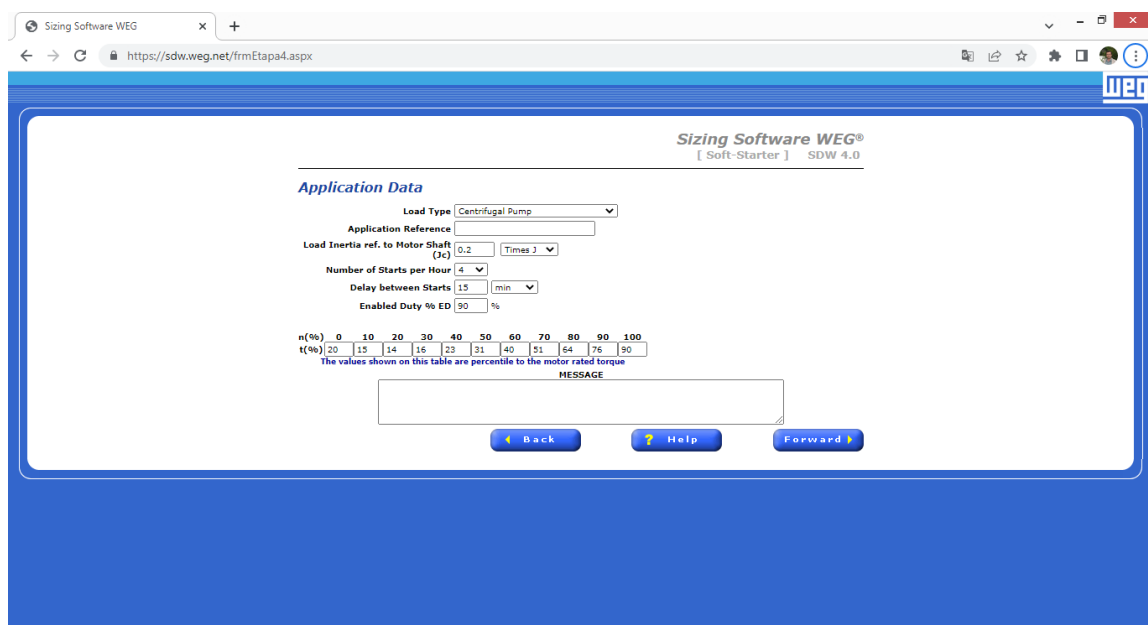


Рис. 1.9. Вибір механічної характеристики навантаження

Далі вказуються основні характеристики встановлення механізму та двигуна, а також специфікація мережі живлення, як це представлено на рис. 1.10.

Остаточний результат розрахунку пристрою плавного пуску має вигляд, представлений на рис. 1.11. В результатах лабораторної роботи слід визначити необхідність використання одного з двох методів пуску, а також остаточно вибрати пристрій плавного пуску для даної задачі.

Слід відзначити, що оскільки в умові на проектування необхідно вибрати пристрій плавного пуску із двома регульованими фазами, то у кінцевому результаті необхідно використовувати серії SSW05 або SSW08, що згідно каталогу виробника мають дві регульовані фази.

Sizing Software WEG®
[Soft-Starter] SDW 4.0

General Data

Environmental conditions

Altitude: 1000 m
Ambient Temperature: 40 °C

System Characteristics

Three-Phase Supply Voltage: 400 V
Drop Voltage on the Start: 2.5 %
Command Voltage: 220 V

MESSAGE

Back Help Forward

Рис. 1.10. Параметри навколишнього середовища для пристрою плавного пуску

Sizing Software WEG®
[Soft-Starter] SDW 4.0

Result

START WITH VOLTAGE RAMP

Model: SSW05 0010 T 2246_PZ
SSW08 0017 T 5 S Z
SSW07 0017 T 5 S Z

Motor Reply

- Pedestal Voltage: 34 %
- Acceleration Time: 0.21 s
- Starting Motor Current: 14.47 A

Resize Graphs

START WITH CURRENT LIMIT

Model: SSW06 0010 T 2257_S Z
SSW08 0017 T 5 S Z
SSW07 0017 T 5 S Z

Motor Reply

- Current Limit: 253 %
- Acceleration Time: 2.57 s
- Starting Motor Current: 11.74 A

Resize Graphs

Back Simplified Printing Complete Printing Help

DATA SUMMARY	
MOTOR	GENERAL
Rated Output: 2.2 kW	Supply Voltage: 400 V
Number of Poles: 4	Voltage Drop during Start: 2.5 %
Rated Voltage: 400 V	Rated Current: 4.64 A
Motor Connection: Standard	Temperature: 40 °C
Locked Rotor Time: 16 s	Altitude: 1000 m
Moment of Inertia: 0.00822 kg·m²	
Category: II	
Cp/Cn: 3.1 pu	
Cmax/Cn: 3.2 pu	
Ip/In: 6.6 pu	

LOAD

Applications: Centrifugal Pump

Rated Torque (I_{Rs}): 90 %

Moment of Inertia: 0.2 Times J

Number of Start per Hour: 4

Delay Between Starts: 15 min

Рис. 1.11. Остаточні результати проектування

Контрольні запитання та завдання

1. Від чого залежить спосіб пуску асинхронного двигуна?
 2. Як змінюється потужність пристрою плавного пуску від допустимої просадки напруги при пуску?
 3. Які характеристики двигуна формуються для вибору режиму пуску?
 4. Які способи пуску використовується для запуску двигунів турбомеханізмів.
- Як змінюється пусковий момент при різних способах пуску асинхронних двигунів?

Практична робота №2. Розрахунок пристрою плавного пуску з трьома регульованими фазами для запуску відцентрового вентилятора

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню системи плавного пуску асинхронного двигуна для відцентрового вентилятора.

Порядок проведення роботи

1. Запустити програмне забезпечення для вибору пристроїв плавного пуску.
2. Вибрати відповідний механізм та характер навантаження для турбомеханізму.
3. Вибрати режим пуску асинхронного двигуна, відповідно до можливих режимів роботи.
4. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

1. Для проектування системи плавного пуску асинхронного електродвигуна для турбомеханізму необхідно мати доступ до мережі Internet, та пройти за посиланням sdw.weg.net. При цьому відкриється наступне вікно, представлене на рис. 2.1:

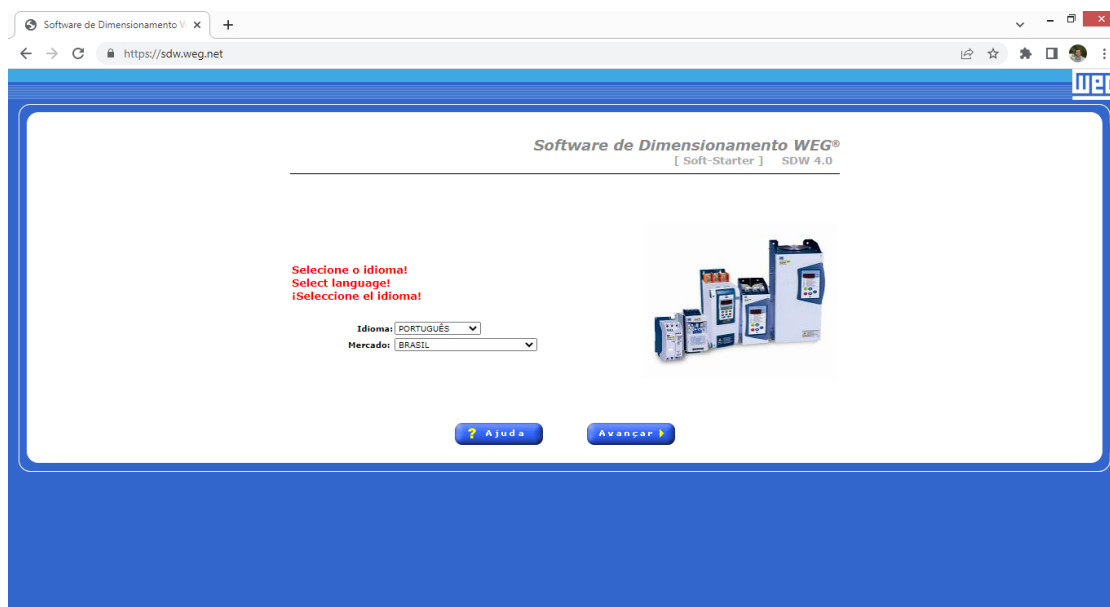


Рис. 2.1. Вікно налаштувань регіону застосування

Необхідно вибрати мову та існуючих регіон застосування. Це впливатиме не тільки на інтерфейс взаємодії з користувачем, а й аналіз роботи з двигунами, що відповідають стандартам відповідного регіону. В нашому випадку вибираємо англійську мову та європейський регіон, як це представлено на рис. 2.2.

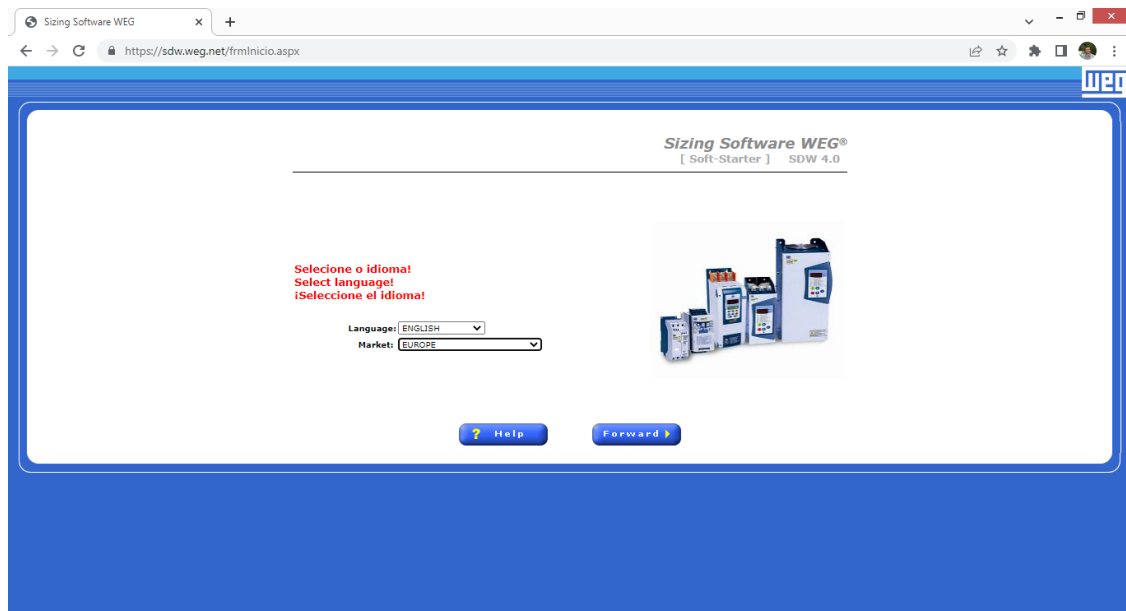


Рис. 2.2. Вибір налаштувань для європейського регіону

Далі відкривається вікно попередження, що неправильне використання даних приводить до отримання невірних результатів, представлено на рис. 2.3.

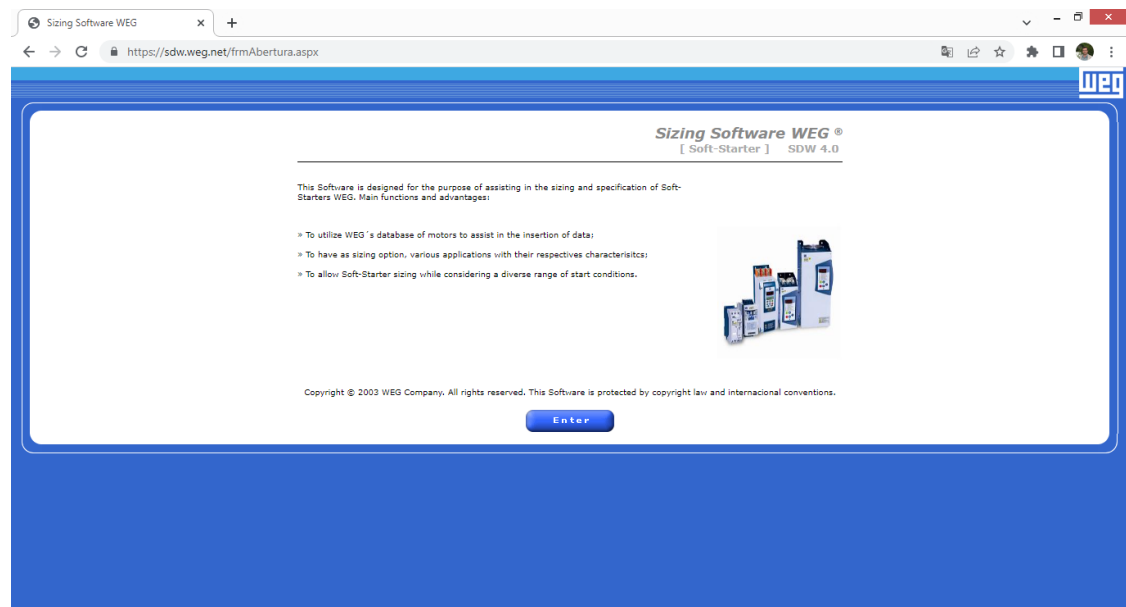


Рис. 2.3. Вікно попередження про відповідальність за ввід невірних вихідних даних

Спочатку вводяться параметри двигуна, що має бути запущений від пристрою плавного пуску, представлені на рис. 2.4.

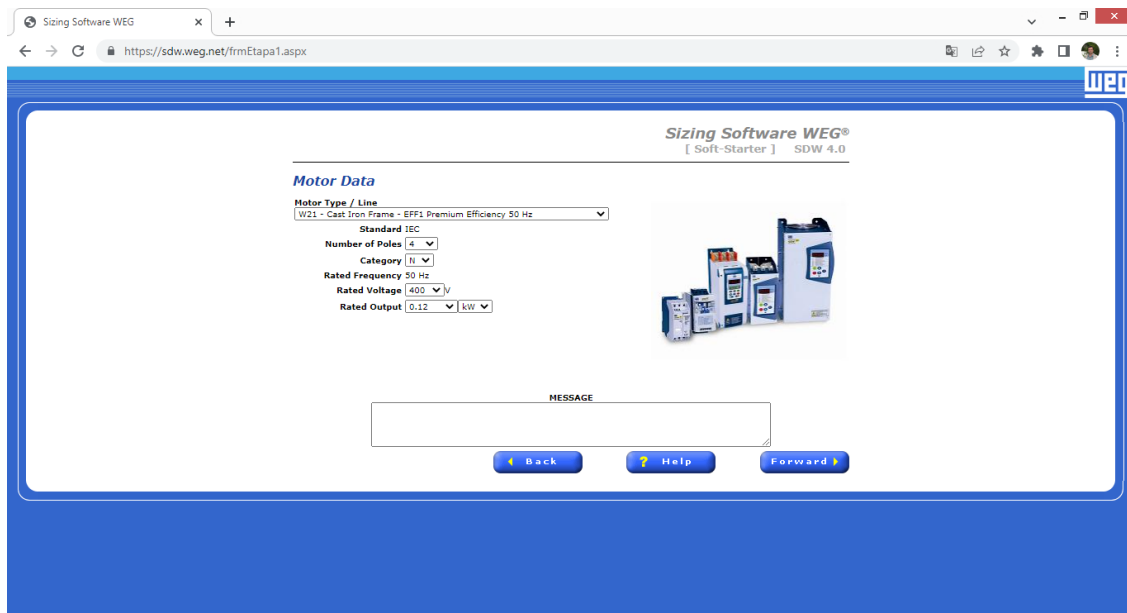


Рис. 2.4. Вікно вибору двигуна

Використовуватимемо для системи постачання повітря спеціалізований двигун від виробника WEG для вентиляторів серії FAN and Exhaust, на побачити на рис. 2.5.

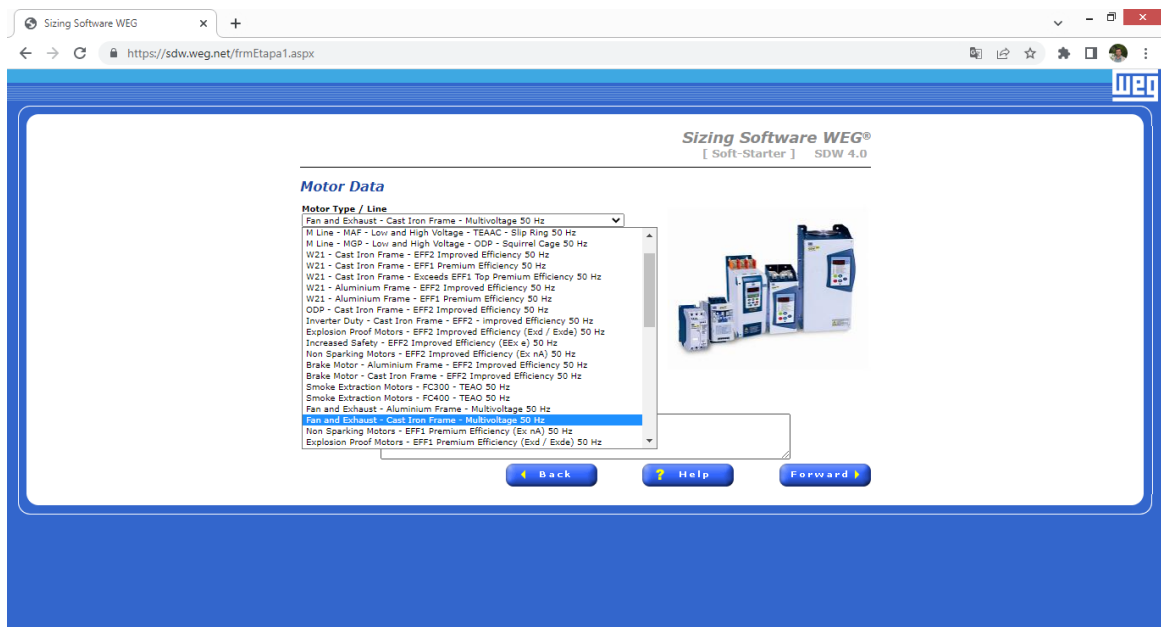


Рис. 2.5. Вибір серії двигуна від виробника WEG

Потужність двигуна вибирається для вентилятору провітрювання адміністративної будівлі (від 3 до 7,5кВт).

Для прикладу розглянемо варіант вентилятора потужністю 5,5кВт. При цьому номінальна напруга приймається рівною 400В, представлений на рис. 2.6.

Sizing Software WEG®
[Soft-Starter] SDW 4.0

Motor Data

Motor Type / Line: Fan and Exhaust - Cast Iron Frame - Multivoltage 50 Hz

Standard: IEC

Number of Poles: 2

Category: N

Rated Frequency: 50 Hz

Rated Voltage: 400 V

Rated Output: 5.5 kW

MESSAGE

Back Help Forward

Рис. 2.6. Вибір параметрів двигуна

В результаті отриманих даних з бази даних WEG вибирається відповідний двигун зі своїми характеристиками, представленими на рис. 2.7.

Sizing Software WEG®
[Soft-Starter] SDW 4.0

Motor Data

Power Factor: 0.9 pu

Efficiency: 85.5 %

Rated Current: 10.32 A

Service Factor: 1

Locked Rotor Time: 10 S

Moment of Inertia (J): 0.00956 kg.m²

MESSAGE

Back Help Forward

Рис. 2.7. Вікно каталожних параметрів вибраного двигуна

Якщо в реальній системі характеристики використовуваного двигуна відрізняються, то їх також треба змінити в проекті.

Після цього виводяться механічна та електромеханічна характеристика отриманого двигуна, представлені на рис. 2.8.

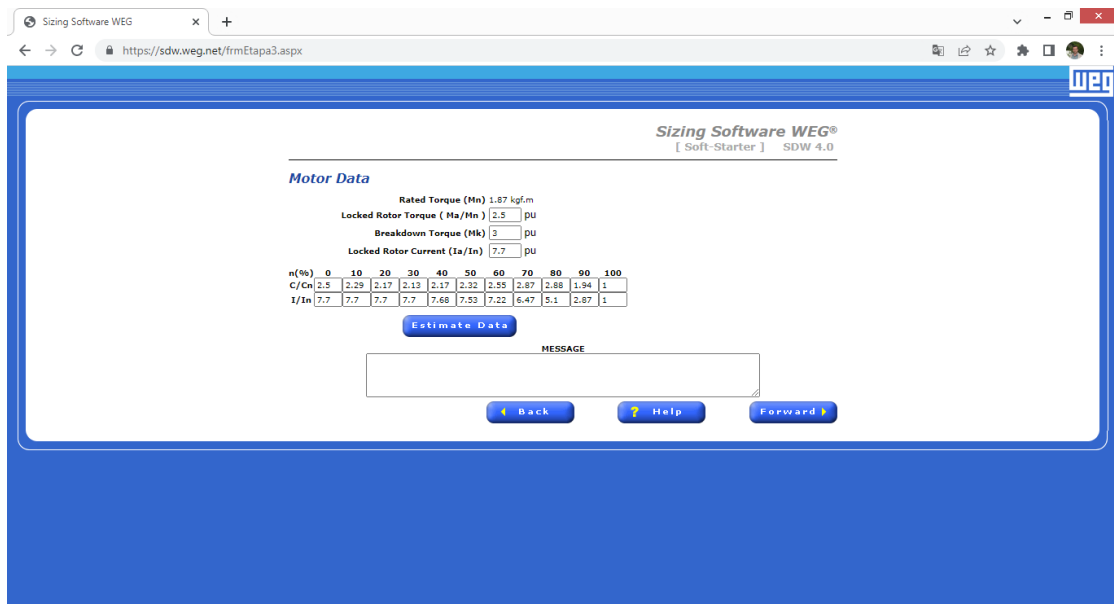


Рис. 2.8. Механічна та електромеханічна характеристики вибраного двигуна

Далі вводяться параметри виконавчого механізму. В якості механізму вибираємо відцентровий вентилятор. Крім того, згідно каталогу виробників вентиляторів необхідно ввести момент інерції робочого колеса вентилятора, а також кількість пусків за годину. Для вентилятора, що забезпечує провітрювання адміністративної будівлі, є робота в режимі S1, відповідно він буде запускатися не частіше одного разу за годину. Тривалість вмикання вважаємо рівною 100%. Отримані значення вводимо у вікні на рис. 2.9.

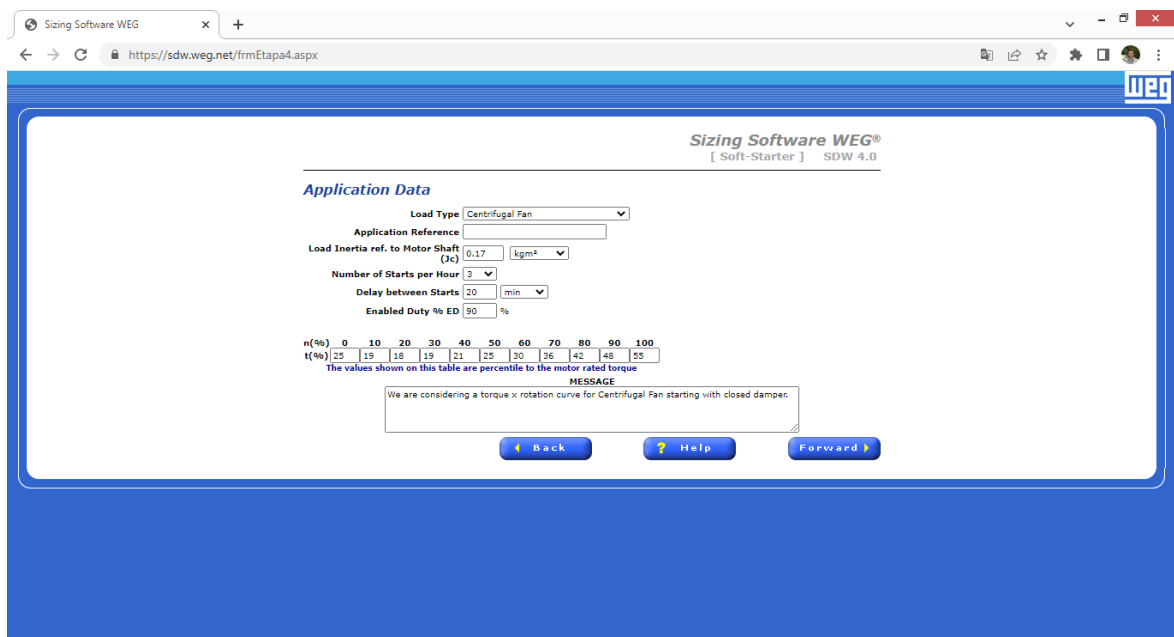


Рис. 2.9. Механічна характеристика навантаження

Далі вказуються основні характеристики встановлення механізму та двигуна, а також специфікація мережі живлення, представлена на рис. 2.10. Остаточний результат розрахунку пристрою плавного пуску має вигляд, представлений на рис. 2.11.

В результатах лабораторної роботи слід визначити необхідність використання одного з двох методів пуску, а також остаточно вибрати пристрій плавного пуску для даної задачі. Згідно каталогу виробника WEG обидві запропоновані серії SSW06 та SSW07 містять три регульовані фази, тобто для формування листа замовлення можна вибрати будь-яке з них.

Рис. 2.10. Параметри навколишнього середовища

Рис. 2.11. Остаточні результати проектування

Контрольні запитання та завдання

1. Від чого залежить спосіб пуску асинхронного двигуна?
2. Як змінюється потужність пристрою плавного пуску від допустимої просадки напруги при пуску?
3. Які характеристики двигуна формуються для вибору режиму пуску?
4. Які способи пуску використовується для запуску двигунів турбомеханізмів.
5. Як змінюється пусковий момент при різних способах пуску асинхронних двигунів?

Практична робота №3. Розрахунок пристрою плавного пуску для запуску пожежного насосу

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню системи плавного пуску асинхронного двигуна для пожежного насосу.

Порядок проведення роботи

1. Запустити програмне забезпечення для вибору пристроїв плавного пуску.
2. Вибрати відповідний механізм та характер навантаження для пожежного насосу.
3. Вибрати режим пуску асинхронного двигуна, відповідно до аварійних режимів роботи.
4. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

Для проектування системи плавного пуску асинхронного електродвигуна для турбомеханізму типу «насос» необхідно мати доступ до мережі Internet, та пройти за посиланням sdw.weg.net. При цьому відкриється наступне вікно для загального інтерфейсу програми Sizing Software WEG, а також здійснено вибір мови (англ.) і регіону (Європа), представлене на рис. 3.1.

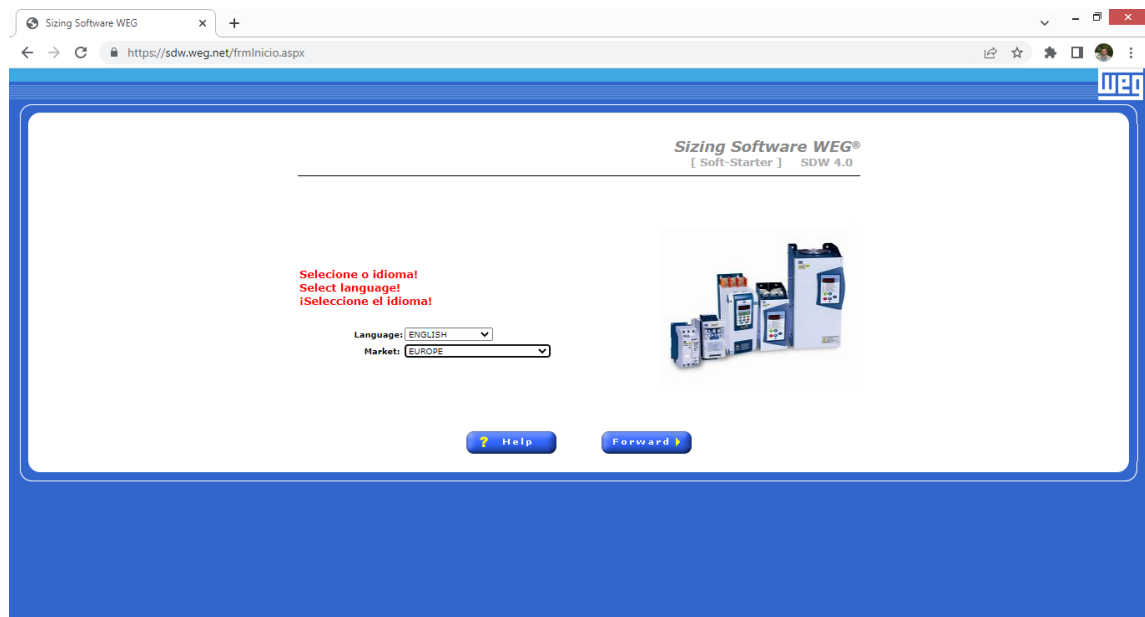


Рис. 3.1. Вікно налаштувань регіону застосування

Початкова інформація для проектування, що вказує, що розробник програми не

несе відповідальність за невірні результати проектування при вводі невірних даних. Попередження про це представлено у вікні на рис. 3.2.

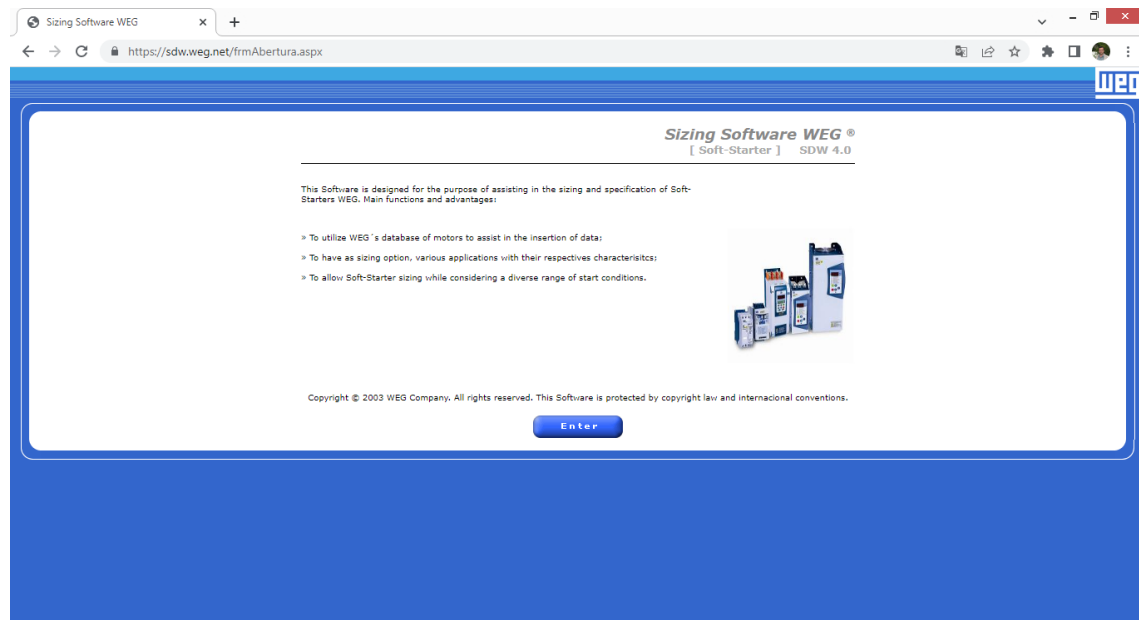


Рис. 3.2. Вікно попередження про відповідальність

На рис. 3.3 зображено поле вводу початкових даних: тип двигуна, напруга живлення, частота мережі, потужність. Пожежні насоси зазвичай виробляються на потужності від 11 до 132кВт и синхронною швидкістю 3000 об/хв. При цьому вважаємо, що пристрій плавного пуску встановлюємо на існуючий двигун, отже вибираємо найгірший двигун з точки зору енергоефективності IE1.

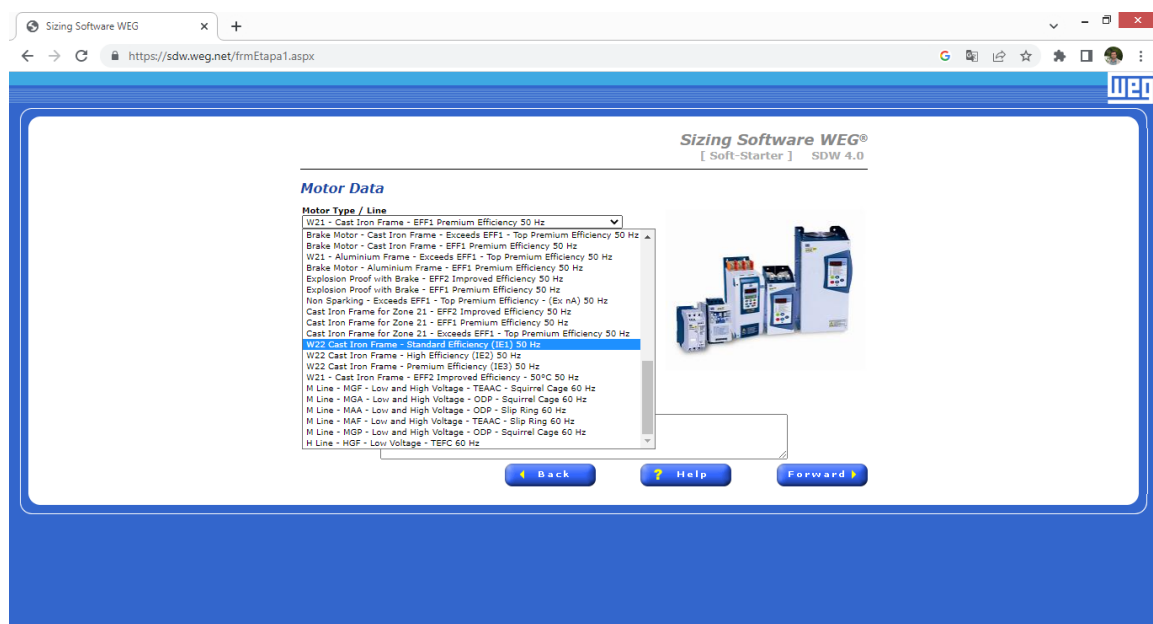


Рис. 3.3. Вікно вибору серії двигуна відповідно до класу енергоефективності

Вибираємо параметри двигуна пожежного насоса, а саме потужність 11кВт, кількість полюсів – 2 полюси, результати вибору представлені на рис. 3.4.

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://sdw.weg.net/frmEtpa1.aspx>. The page title is "Sizing Software WEG® [Soft-Starter] SDW 4.0". The main content area is titled "Motor Data" and contains the following fields:

- Motor Type / Line: W22 Cast Iron Frame - Standard Efficiency (IE1) 50 Hz
- Standard IEC
- Number of Poles: 2
- Category: N
- Rated Frequency: 50 Hz
- Rated Voltage: 400 V
- Rated Output: 11 kW

To the right of these fields is an image of three WEG soft starters. Below the fields is a "MESSAGE" box and three buttons: "Back", "Help", and "Forward".

Рис. 3.4. Вікно вибору паспортних даних двигуна

Відповідно до вибраного типу електричного двигуна отримуємо його параметри, а саме коефіцієнт потужності (power factor), коефіцієнт корисної дії (Efficiency), номінальний струм, сервіс – фактор, час блокування ротора, момент інерції двигуна, як це можна побачити з рис. 3.5.

The screenshot shows the same web browser window, but the URL is <https://sdw.weg.net/frmEtpa2.aspx>. The page title is "Sizing Software WEG® [Soft-Starter] SDW 4.0". The main content area is titled "Motor Data" and contains the following fields:

- Power Factor: 0.86 pu
- Efficiency: 89.5 %
- Rated Current: 20.63 A
- Service Factor: 1
- Locked Rotor Time: 8 s
- Moment of Inertia (J): 0.02804 kg.m²

To the right of these fields is an image of three WEG soft starters. Below the fields is a "MESSAGE" box and three buttons: "Back", "Help", and "Forward".

Рис. 3.5. Каталогні параметри вибраного двигуна

На рис. 3.6 показані отримані згідно заданих значень механічна і електро механічна характеристики двигуна.

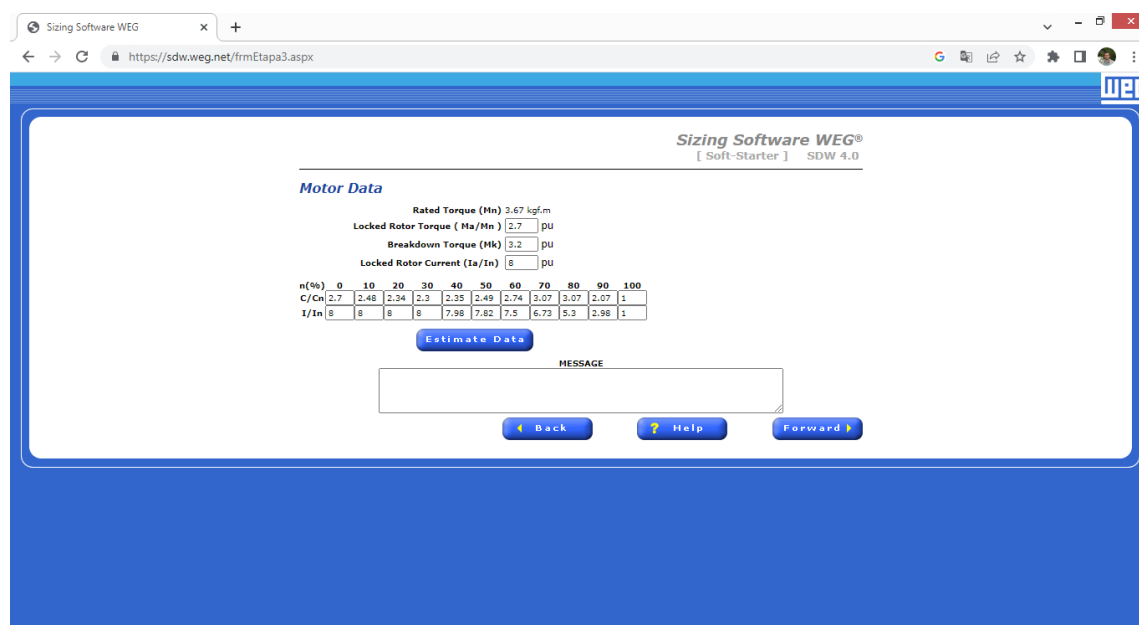


Рис. 3.6. Механічна та електро механічна характеристики двигуна

Здійснюємо введення заданих параметрів робочого механізму, і відповідно до них отримуємо механічну характеристику робочого механізму. Приймаємо, що в нас в якості пожежного використовується відцентровий насос, що запускається не більше одного разу за годину, результати вибору представлені на рис. 3.7.

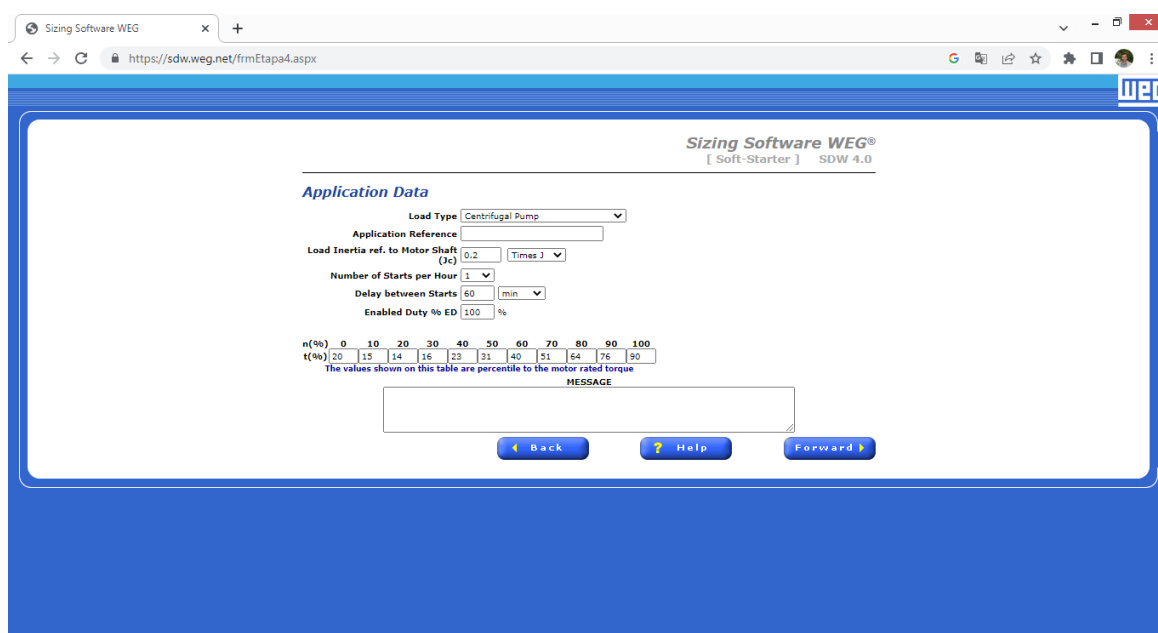
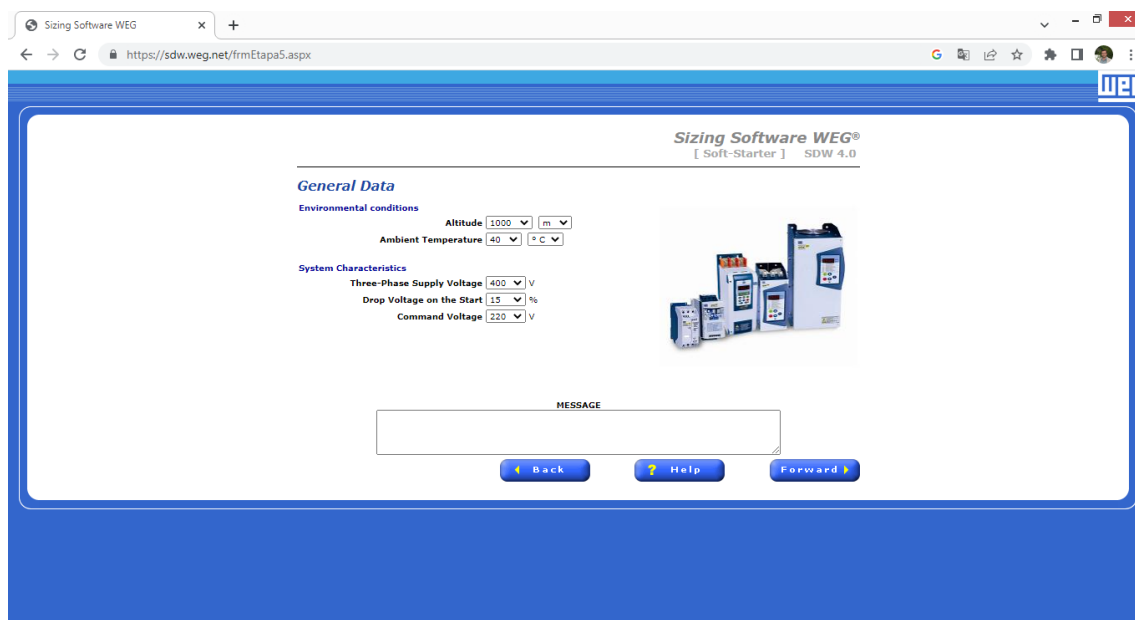


Рис. 3.7. Механічна характеристика навантаження

Вибір умов навколишнього середовища і параметрів мережі. При цьому слід розуміти, що пожежний насос може запускатися як від мережі, так і від дизельного або бензинового генератора. Відповідно просідання напруги при цьому може бути суттєвим, відповідно вибираємо допустиме зниження напруги Drop Voltage на рівні 15%. Отримані результати вводу представлені на рис. 3.8.



Sizing Software WEG®
[Soft-Starter] SDW 4.0

General Data

Environmental conditions

Altitude: 1000 m
Ambient Temperature: 40 °C

System Characteristics

Three-Phase Supply Voltage: 400 V
Drop Voltage on the Start: 15 %
Command Voltage: 220 V

MESSAGE

Back Help Forward

Рис. 3.8. Параметри навколишнього середовища для пристрою плавного пуску

Результати вибору пристрою плавного пуску відповідно до заданих параметрів представлені на рис. 3.9.



Sizing Software WEG®
[Soft-Starter] SDW 4.0

Result

START WITH VOLTAGE RAMP

Model: SSW05 0023 T 2246 _PZ
SSW08 0024 T 5 S Z
SSW07 0024 T 5 S Z

Motor Reply

- Pedestal Voltage: 39 %
- Acceleration Time: 0.89 s
- Starting Motor Current: 83.85 A

Resize Graphs

START WITH CURRENT LIMIT

Model: SSW06 0023 T 2257 _S Z
SSW08 0024 T 5 S Z
SSW07 0024 T 5 S Z

Motor Reply

- Current Limit: 364 %
- Acceleration Time: 4.88 s
- Starting Motor Current: 74.98 A

Resize Graphs

DATA SUMMARY

MOTOR

- Rated Output: 11 kW
- Number of Poles: 2
- Rated Voltage: 400 V
- Motor Connections: Standard
- Locked Rotor Time: 8 s
- Moment of Inertia: 0.02804 kg.m²
- Category: IV
- Cp/Cn: 2.7 pu
- Cmax/Cn: 3.2 pu
- Ip/In: 8 pu

GENERAL

- Supply Voltage: 400 V
- Voltage Drop during Start: 15 %
- Rated Current: 20.63 A
- Temperature: 40 °C
- Altitude: 1000 m

LOAD

- Application: Centrifugal Pump
- Rated Torque (Mn): 90 %
- Moment of Inertia: 0.2 Times J
- Number of Start per Hour: 1
- Delay Between Starts: 60 min

Back Simplified Printing Complete Printing Help

Рис. 3.9. Результати вибору пристрою плавного пуску

Оскільки для пожежних насосів в першу чергу необхідно забезпечити гарантований запуск від системи резервного живлення необхідно вибрати режим керування «Start with current limit», тобто із обмеженням струму. Якщо потужність генератора дозволяє забезпечити струм більше ніж 364% від номінального під час пуску, то режим пуску можна перерахувати. Для цього натискаємо кнопку Resize для пуску із обмеженням струму. Припустимо, що резервна лінія живлення може витримати 400% перевантаження, вводимо це значення у відповідному полі, представленому на рис. 3.10. При цьому після натискання кнопки Calculate час пуску і піковий струм будуть перераховані системою автоматичного інженерного розрахунку. Результати вибору представлені на рис.3.11.

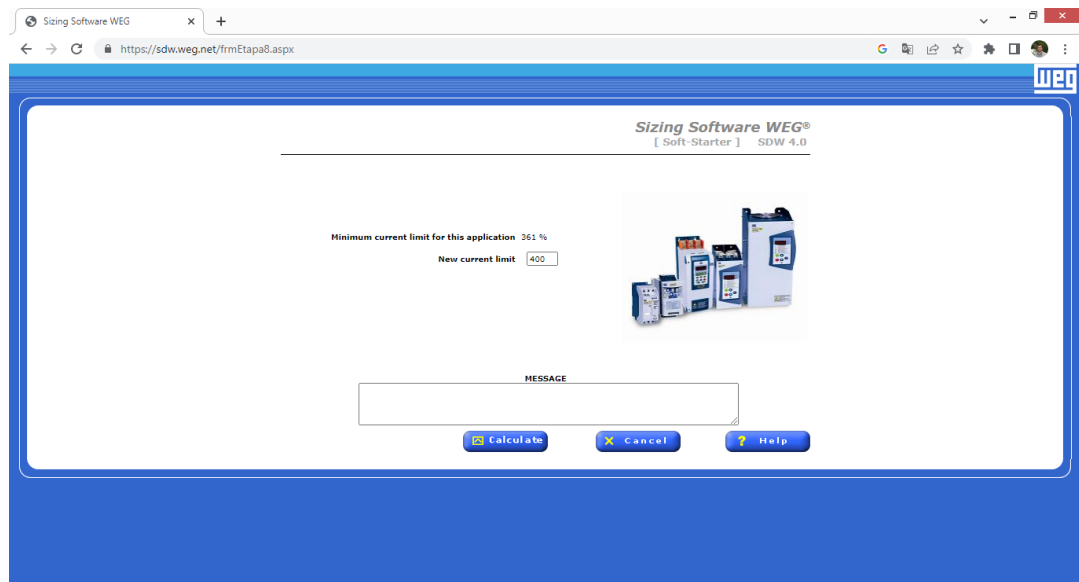


Рис. 3.10. Вікно налаштувань порогового значення для пуску із обмеженням струму



Рис. 3.11. Остаточні результати вибору

Слід зазначити, що оскільки в нас проектується система керування пожежним насосом, то вона повинна містити функцію Fire mode, тобто можливість роботи у «пожежному режимі». Відповідно, для системи керування пуском можуть бути використані лише пристрої серій SSW07 та SSW06.

Контрольні запитання та завдання

1. Від чого залежить спосіб пуску асинхронного двигуна?
2. Як змінюється потужність пристрою плавного пуску від допустимої просадки напруги при пуску?
3. Які характеристики двигуна формуються для вибору режиму пуску?
4. Які способи пуску використовується для запуску двигунів турбомеханізмів.
5. Як змінюється пусковий момент при різних способах пуску асинхронних двигунів?

Практична робота №4. Проектування мотор – редуктора із асинхронним двигуном Watt Drive

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню мотор – редуктора конвеєра за допомогою програми Cat4CAD.

Порядок проведення роботи

1. Запускаємо програмне забезпечення Cat4CAD 5 або заходите на сайт виробника електродвигунів за посиланням <https://cat4cad.wattdrive.com/cat4cad7/>.
2. Вибираємо тип редуктора, відповідно до технологічної задачі.
3. Вводимо параметри навантаження та вимоги до перевантажень та електричних параметрів двигуна.
4. Вводимо параметри монтажного виконання та способу виконання підключення механічної потужності редуктора до навантаження.
5. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

Для проектування системи електроприводу змінного струму з мотор - редуктором використовується програма автоматизованого проектування від виробника Watt drive, стартове вікно якої представлено на рис. 4.1. В навчальному посібнику наведений приклад роботи із програмним забезпеченням, що встановлюється на ПК, проте у разі використання WEB – версії процедура є майже повністю аналогічною.

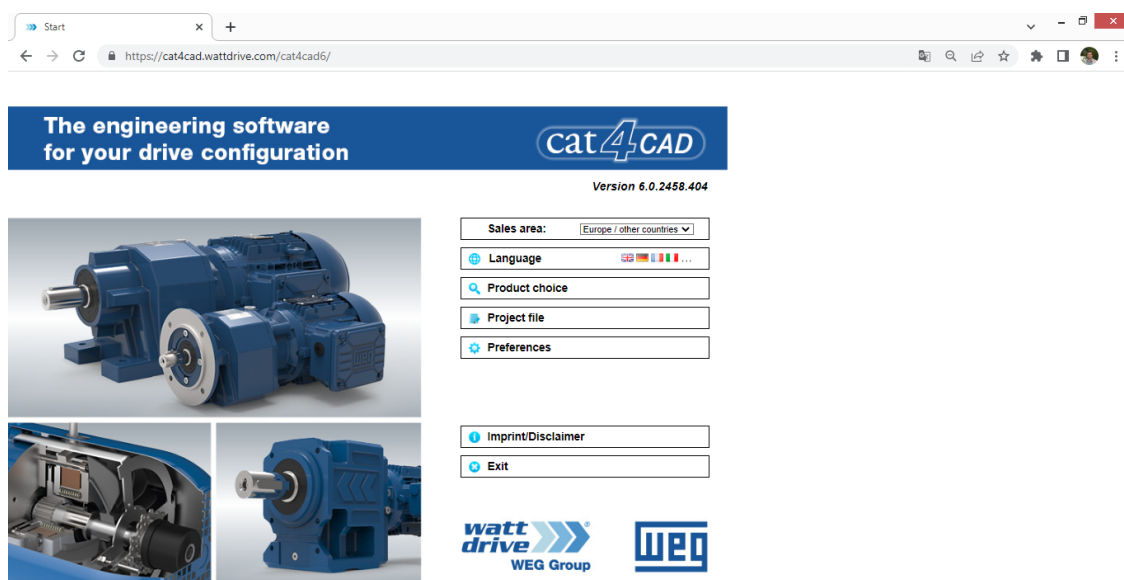


Рис. 4.1. Стартове вікно налаштувань cat4CAD

Залишаємо англійську мову за замовчуванням, при необхідності можемо змінити мову проекту в налаштуванні Language. Натискаємо кнопку Product choice, отримуємо можливі варіанти серій двигунів від Wattdrive, представлені на рис. 4.2.

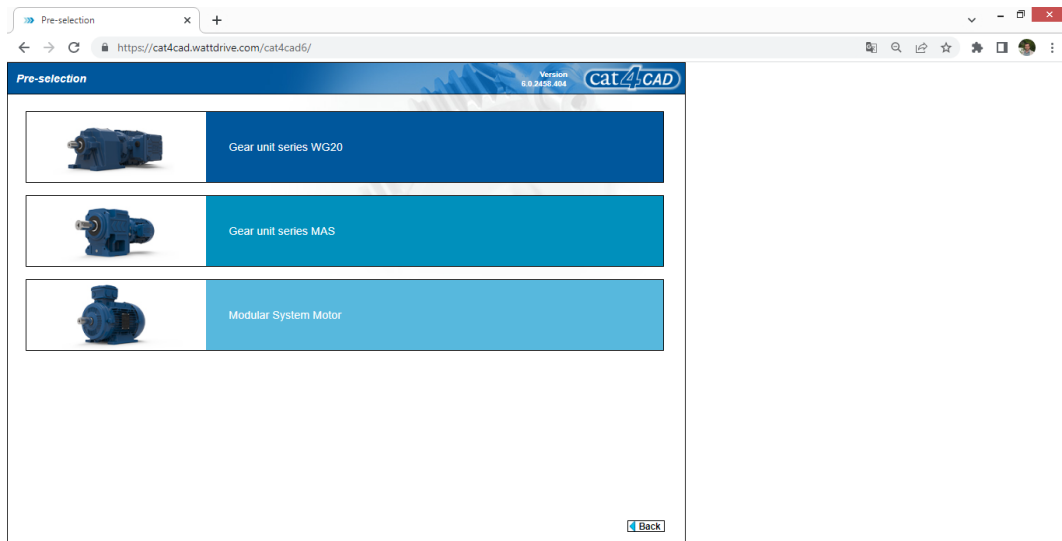


Рис. 4.2. Вибір серії двигуна

Вибираємо мотор – редуктор з асинхронним двигуном MAS. При цьому вибираємо вкладку мотор – редукторів MAS із вихідним моментом не більше 20кНм. Із запропонований варіантів вибираємо типи виконання редуктора, при яких можливе розташування вихідного валу редуктора перпендикулярно розташуванню мотор редуктора. Можливі варіанти представлені на рис. 4.3.

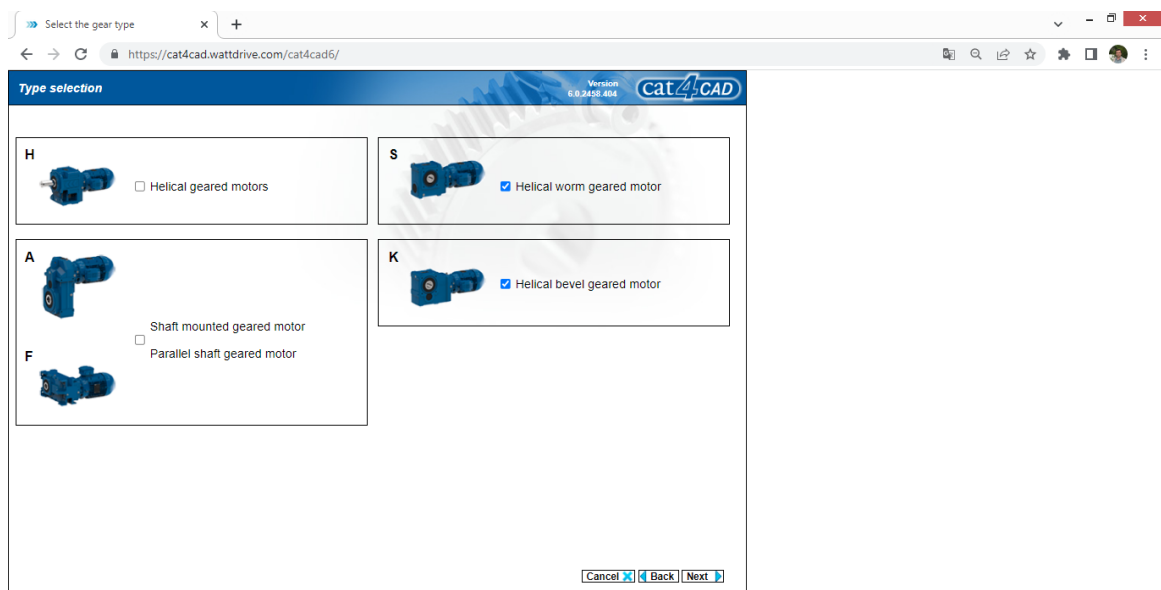


Рис. 4.3. Можливі варіанти редуктора для вибраного двигуна

Здійснимо вибір мотор – редуктора для конвеєра з вихідною швидкістю 100 об/хв та номінальним моментом 1000Нм.

Допустиму швидкість рекомендується встановлювати у межах $\pm 5\%$ від заданої швидкості, оскільки для конвеєрів таке відхилення не буде критичним.

Момент вибирається виходячи з допустимого перевищення моменту не більше 10%.

Експлуатаційний коефіцієнт встановлюється більше 1, але не більше 1,2, оскільки для конвеєра не плануються часті пуски. Температура навколишнього середовища вибирається виходячи за найгірших умов експлуатації по теплу. Оскільки конвеєр встановлюється на вулиці, така температура становитиме 40 градусів. Ці параметри є основними, інші будуть визначатися додатково, тому натискаємо кнопку «Start search». Отримаємо результати, з яких вибираємо варіант з максимально близькою до номінальної швидкості. Натискаємо кнопку Start search, при цьому система автоматизації інженерних розрахунків видає можливі варіанти мотор – редуктора, представлені на рис. 4.5.

Search for geared motors

Version: 6.0.3458-464 cat4CAD

Output speed: 95 [rpm] (range 85-105)

Output torque: 1000 [Nm] (range 1100)

Motor power P_N : [no entry] [kW]

Service factor f_g : 1 (range 1-1.2)

Ambient temperature: +40 [°C]

Type of operation: S1

Input type: Direct mounting

Efficiency class η : [Please make a choice]

Motor model range: [no entry]

Gear size: [no entry] [no entry]

Motor size: [no entry]

Number of poles: [no entry]

Power supply: [no entry]

Motor rated frequency: 50 Hz

Type	Output speed [rpm]	Output torque M_2 [Nm]	Service factor f_g	Gear stages	Ratio i	Motor power P_N [kW]	η	Max. perm. thermal power limit at +40°C and at an operation mode S1 P_{zul} [kW]	Comparison P_N to P_{zul}
K 75A 3C 160M/A1-04E	96	1091	1.15	2	15.27	11	IE3	15.1	

Start search [Reset] [Cancel] [Back] [Next]

Рис. 4.5. Можливі варіанти редуктора, що можуть бути встановлені на вибраний двигун

Система автоматизованого інженерного розрахунку сформувала лише один варіант, який й вибираємо для проекту. Далі вибираємо вихідні монтажні параметри для мотор – редуктора, які вибираються у вікні, представленому на рис. 4.6.

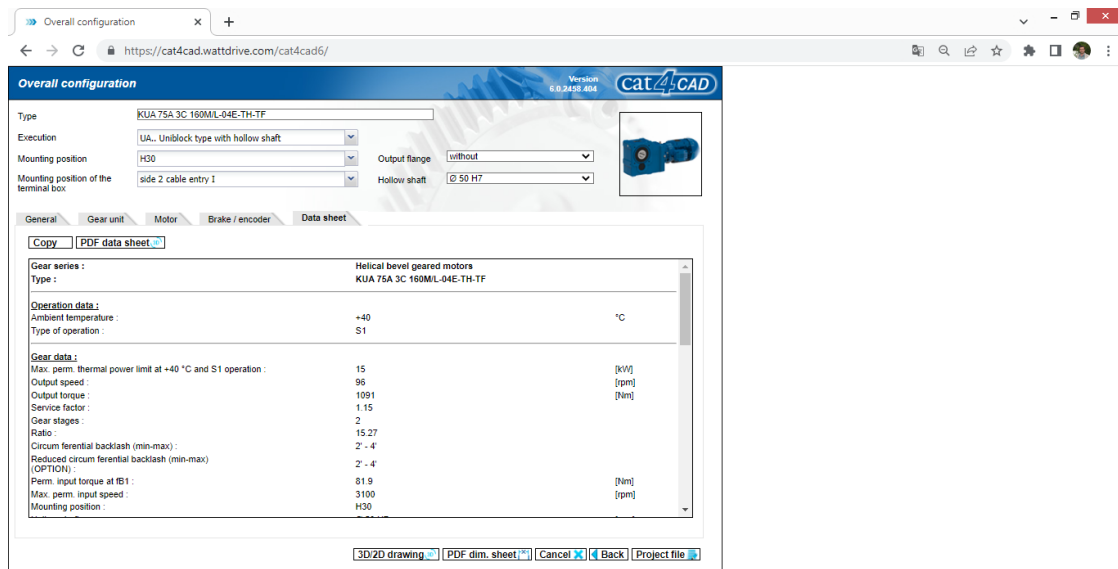


Рис. 4.6. Вікно вибору додаткових параметрів мотор – редуктора

Вибираємо виконання з зовнішніми двома валами для підключення навантаження та датчика обертів конвеєра. Вікно із варіантами виконання вихідного овалу редуктора представлено на рис. 4.7.

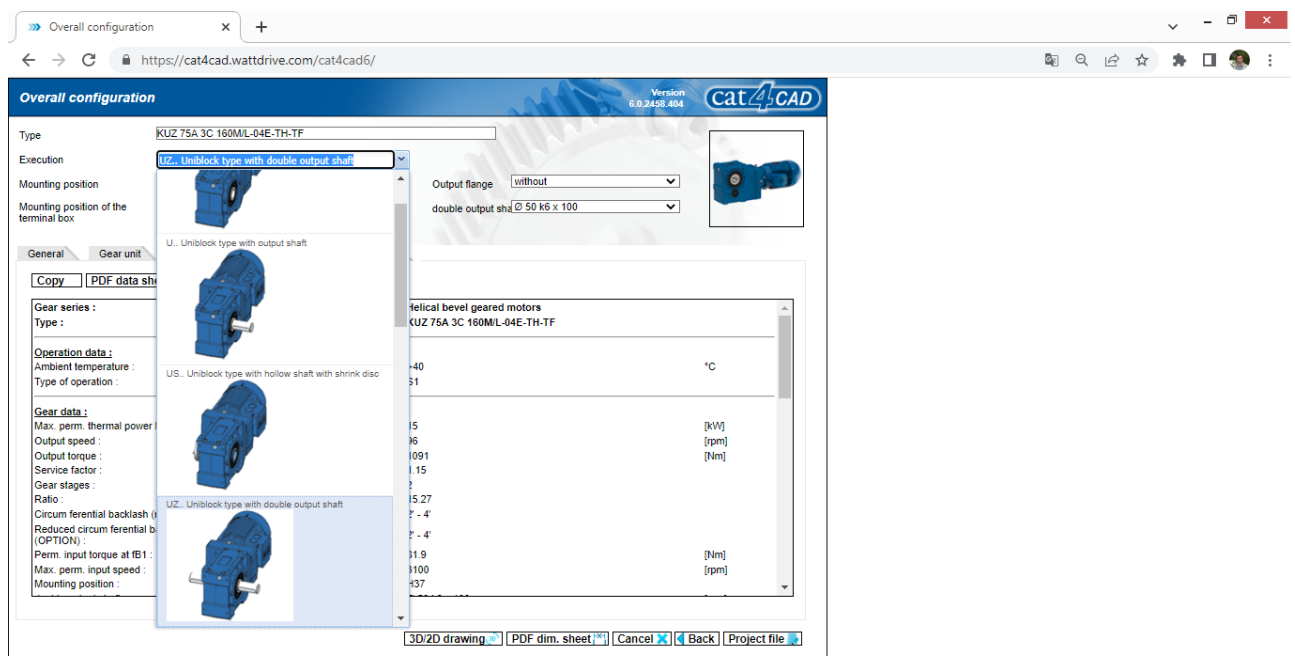


Рис. 4.7. Вікно варіантів виконання вихідного валу редуктора

Підключення двигуна та клемної коробки вибираємо для розташування зверху, для запобігання попадання вологи (сніг, дощ) всередину клемної коробки, вигляд якої представлений на рис. 4.8.

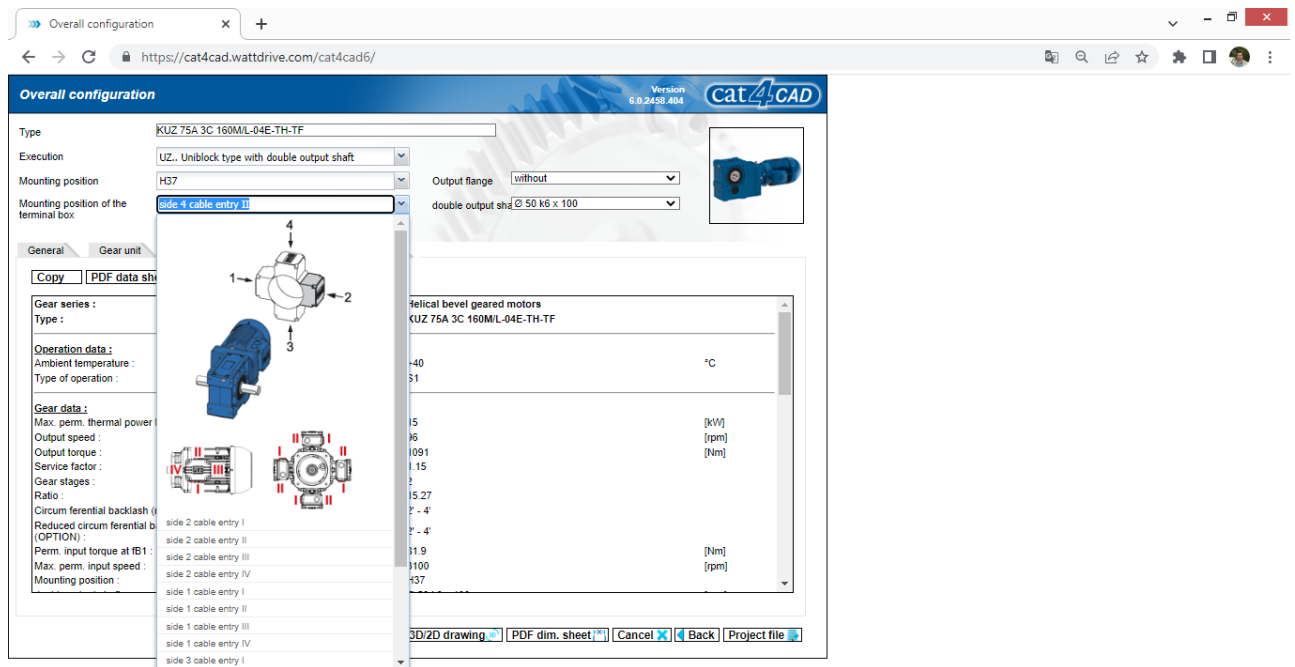


Рис. 4.8. Вікно вибору розташування клемної коробки

В параметрах двигуна слід вибрати ступінь захисту від пилу та вологи, відповідно до зовнішнього використання, тобто не нижче IP65. Захист від перевантаження здійснюється за допомогою датчика температури КТЮ (термодатчик аналоговий), що має підключатися до зовнішнього реле температури. Вікно додаткових опцій для ступеню захисту і датчика представлено на рис.4.9.

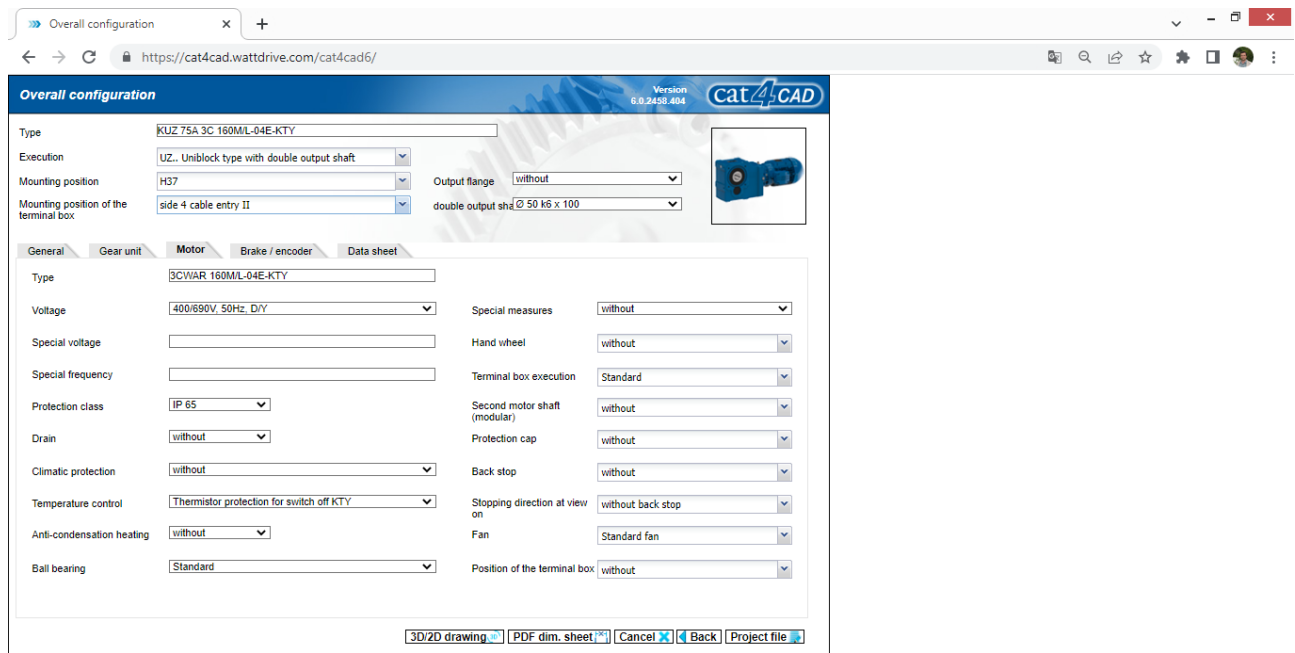


Рис. 4.9. Вікно вибору ступеня захисту і датчика температури

Закінчення проектування і формування листа запиту до виробника здійснюється натисканням кнопки Project file.

Контрольні запитання та завдання

1. Від чого залежить експлуатаційний коефіцієнт мотор - редуктора?
2. Які є мінімальними вимоги до захисту від пилу та вологи для внутрішнього та зовнішнього розміщення мотор – редуктора?
3. На що впливає температура навколишнього середовища при виборі елементів мотор – редуктора?
4. За допомогою яких елементів здійснюється контроль температури двигунів від Watt drive?
5. Як впливає кількість ступенів на вартість мотор – редуктора?

Практична робота №5. Розрахунок компонентів системи «Децентралізований перетворювач частоти – асинхронний двигун» для підйомного механізму

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун» за допомогою онлайн –конфігуратора Cat4CAD від компанії Wattdrive.

Порядок проведення роботи

1. Вибрати структуру електромеханічної системи механізму конвеєра.
2. Ввести параметри профілю переміщення та циклу роботи двигуна.
3. Вибрати тип використовуваного редуктора та двигуна.
4. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

Для проектування системи електроприводу змінного струму для обертання столу використовується програма автоматизованого проектування від виробника Wattdrive, що працює у WEB - застосунку. При переході за посиланням <https://cat4cad.wattdrive.com/> відкривається вікно, представлене на рис. 5.1.

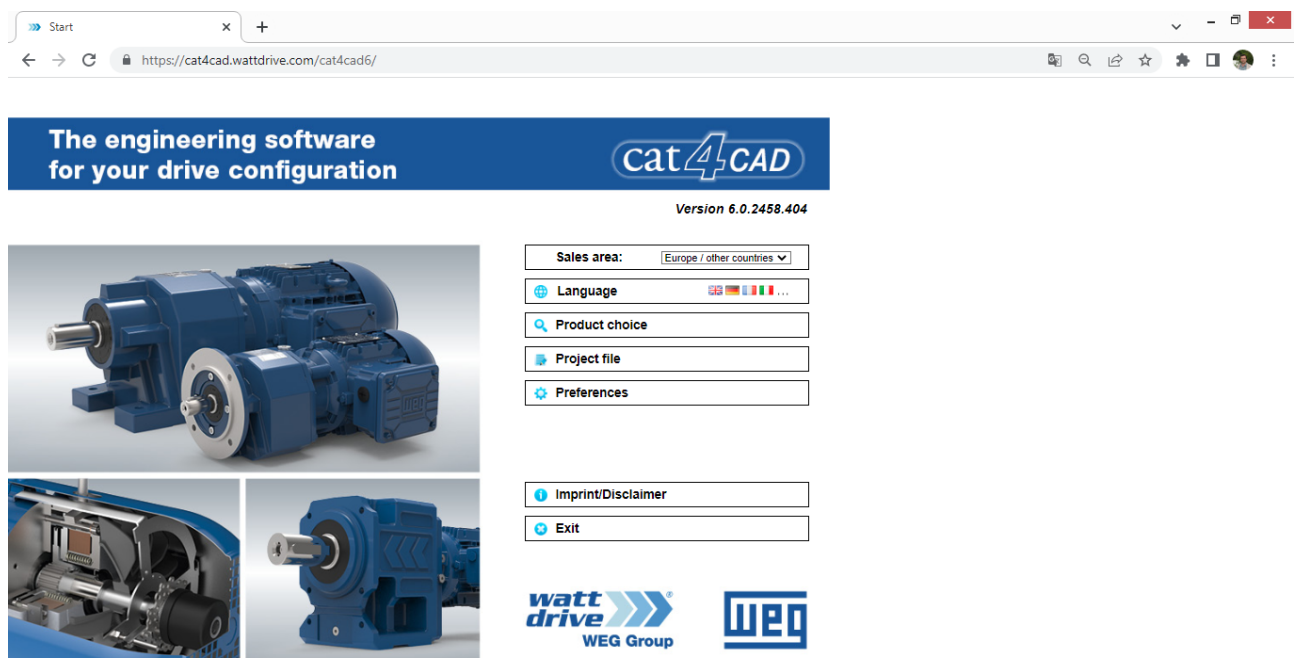


Рис. 5.1. Статорне вікно програми Cat4CAD

Натискаємо вкладку Product choice для вибору системи електроприводу. Відкривається вибір із наступних серій мотор – редукторів Wattdrive, що представлені на рис.5.2.

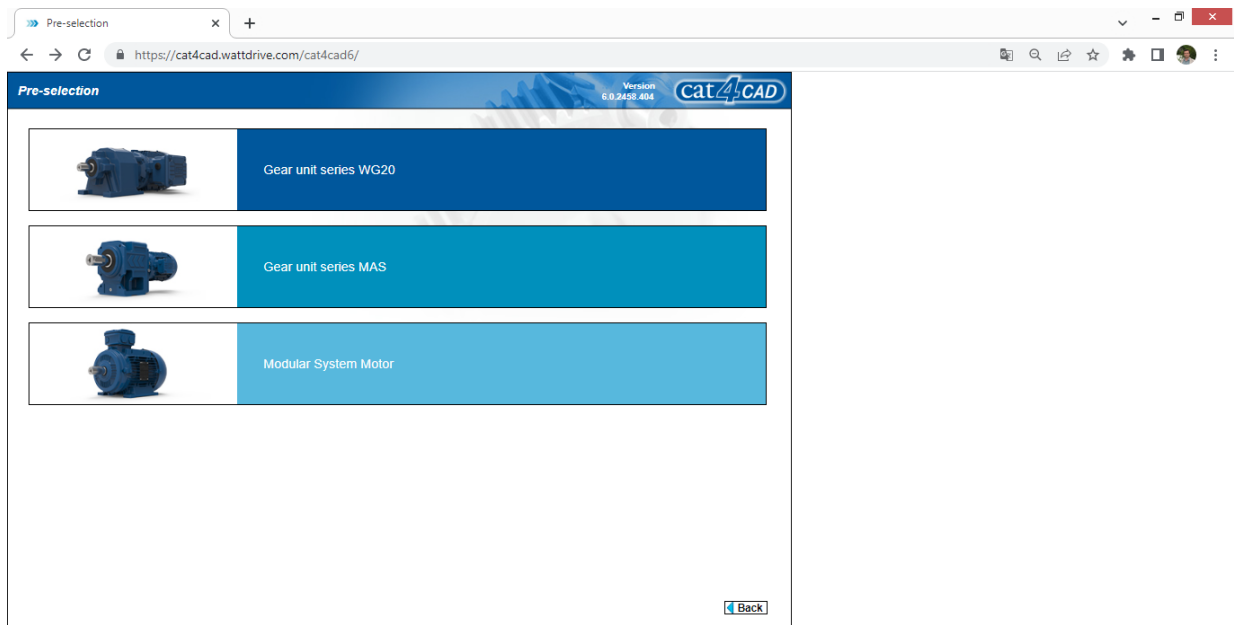


Рис. 5.2. Вікно вибору серії мотор - редуктора Wattdrive

Здійснимо процедуру вибору мотор – редуктора із перетворювачем частоти для серії WG20. Натискаємо на вкладку Gear unit series WG20, й відкривається вікно, представлене на рис. 5.3.

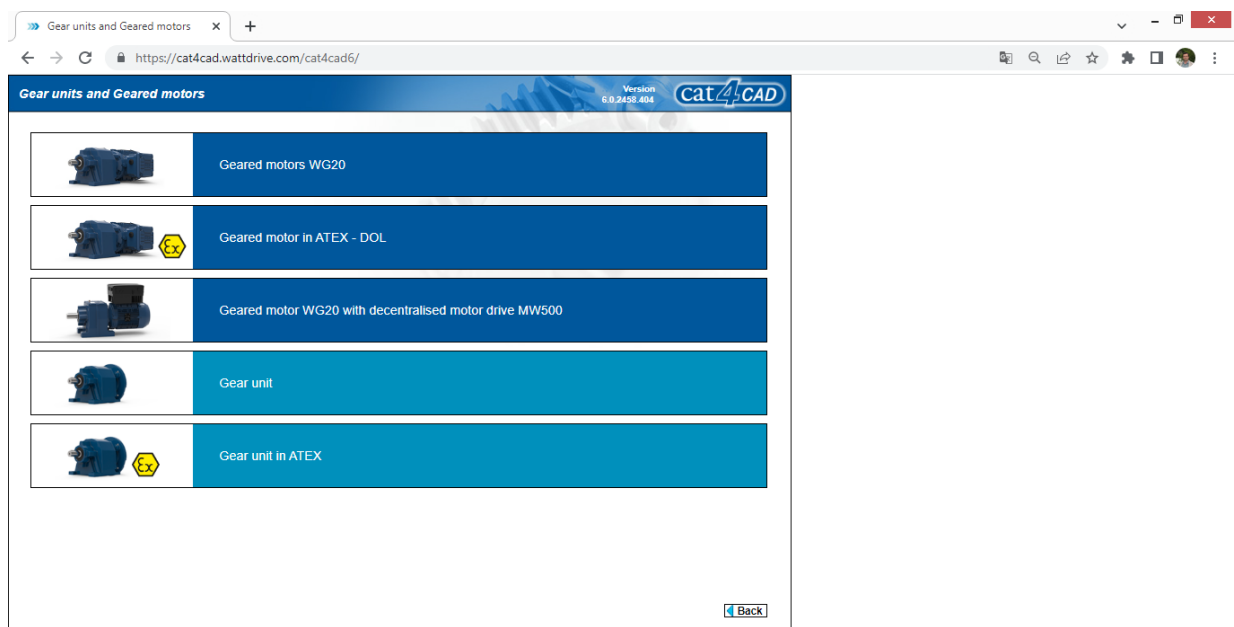


Рис. 5.3. Вікно вибору виконання двигуна із серії WG20

Вибираємо комплектне рішення із децентралізованим перетворювачем частоти, що встановлюється безпосередньо на клемну коробку електричного двигуна, отримуємо наступні опції, представлені на рис. 5.4.



Рис. 5.4. Вікно вибору редуктора для двигуна серії WG20

В якості можливого виконання мотор – редуктора вибираємо циліндричний та циліндрично – конічний тип редуктора, встановлюючи відповідні галочки. При цьому відкривається вікно розрахунку мотор – редуктора, відповідно до навантаження. В якості прикладу виберемо наступні значення частоти обертання та моменту навантаження. При цьому слід зазначити, що для підйомного механізму приймаємо значення сервіс – фактору більше одиниці. Вихідні дані заносимо у вікно, представлене на рис. 5.5.

Рис. 5.5. Вікно вводу вихідних даних для розрахунку мотор – редуктора

Натискаємо кнопку Start Search і система автоматизації інженерного розрахунку починає шукати конфігурацію мотор – редуктора, що задовольняє вказаним умовам. Отримуємо наступні результати, представлені на рис. 5.6.

Search for geared motors

Version 6.0.3451.404

Output speed: 100 rpm
Output torque: 100 Nm
Motor power P_N : no entry kW
Service factor f_s : no entry
Ambient temperature: +40 °C
Type of operation: S1
Input type: Direct mounting

Efficiency class η : IE3 ≥ 0.12 kW (EUSAS)
Motor model range: no entry
Gear size: no entry
Motor size: no entry
Number of poles: no entry
Power supply: 3~ 342 506VAC, 50/60Hz
Motor rated frequency: 50 Hz

Type	Output speed [rpm]	Output torque M_2 [Nm]	Service factor f_s	Gear stages	Ratio i	Motor power P_N [kW]	η	Max. perm. thermal power limit at +40°C and at an operation mode S1 P_{Tzul} [kW]	Comparison P_N to P_{Tzul}
C032-11P-100L-06D	100	105	1.25	2	9.57	1.1	IE3	3	✓
K043-11P-100L-06D	100	105	3.60	3	9.57	1.1	IE3	4.8	✓
C062-11P-100L-06E	101	142	4.20	2	9.40	1.5	IE3	7.8	✓
C072-11P-90S/L-04F	101	142	4.90	2	14.38	1.5	IE3	10	✓
K033-11P-90S/L-02E	101	142	1.45	3	28.67	1.5	IE3	2.4	✓
K043-11P-80-02F	101	104	3.85	3	28.13	1.1	IE3	3.8	✓
K053-11P-100L-06E	101	142	2.95	3	9.40	1.5	IE3	6.3	✓
C032-11P-80-02F	102	103	1.95	2	27.71	1.1	IE3	2.4	✓
C052-11P-100L-06E	102	140	2.80	2	9.31	1.5	IE3	5.7	✓
C062-11P-80-02F	102	103	5.85	2	27.78	1.1	IE3	6.2	✓
C062-11P-100L-06D	102	103	5.75	2	9.40	1.1	IE3	7.8	✓

Start search | Reset | Cancel | Back | Next

Рис. 5.6. Можливі варіанти конфігурацій мотор – редуктора

Вибираємо варіант мотор – двигуна C032-11P-100L-06D, що задовольняє умовам при найменшій потужності двигуна, габаритах редуктора і великий переважувальній здатності, до якого підходить за можливістю встановлення перетворювач частоти. Натискаємо Next, потім Start search, отримуємо типи перетворювачів частоти, що можуть бути встановлені на даний двигун. Достатньою є потужність 1,5кВт, її і вибираємо, натискаючи Next. При цьому відкривається вікно базової конфігурації, яку можна доповнити опціями, представлене на рис. 5.7.

Overall configuration

Version 6.0.3451.404

Type: C032-11P-100L-06D-TH-MSAT4-1.5

Execution: G... Foot type with output shaft

Mounting position: M1

Mounting position of the terminal box: side 2

Output flange: without

Output shaft: Ø 25 k6 x 50

General | Gear unit | Motor | Brake / encoder | Frequency inverter | Data sheet

Copy | PDF data sheet

Gear series: Helical geared motor
Type: C032-11P-100L-06D-TH-MSAT4-1.5

Operation data:
Ambient temperature: +40 °C
Type of operation: S1

Gear data:
Max. perm. thermal power limit at +40 °C and S1 operation: 3 [kW]
Output speed: 100 [rpm]
Output torque: 105 [Nm]
Service factor: 1.25
Gear stages: 2
Ratio: 9.57
Circumferential backlash (min-max): 11' - 23'
Perm. input torque at IB1: 13.6 [Nm]
Max. perm. input speed: 6000 [rpm]
Mounting position: M1
Output shaft: Ø 25 k6 x 50 [mm]
Keyway: DIN6885.1

3D/2D drawing | PDF dim. sheet | Cancel | Back | Project file

Рис. 5.7. Вікно базової конфігурації

Важливою і обов'язковою опцією мотор – редуктора для підйомного механізму є наявність електромагнітного гальма на валу електродвигуна. Для вибору цієї опції

вибираємо вкладку Brake/encoder. Вікно вибору електромагнітного гальма і енкодера має вигляд, представлений на рис. 5.8.

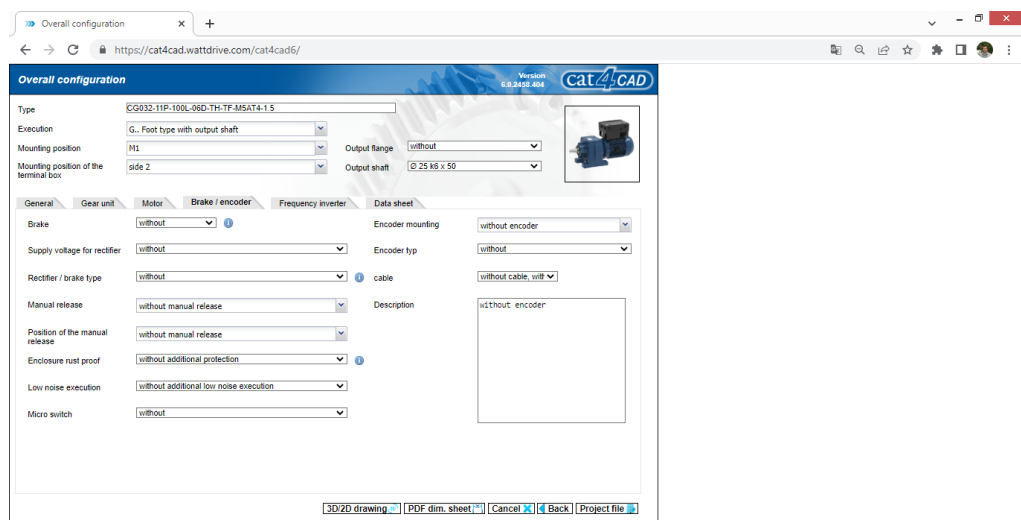


Рис. 5.8. Вікно вибору опцій гальма та енкодера

Оскільки в умові не значиться, що електропривод використовується для підйомних механізмів із людьми достатньо використовувати гальма типу BR. Для механізмів з людьми необхідно використовувати подвійні гальма VBR. Для двигунів підйомників, що працюють у приміщеннях із підвищеним рівнем забруднення використовуються гальма типу BRG.

Вікно налаштувань гальма для роботи віз зовнішнього випрямляча з вихідною напругою 190V DC має вигляд, представлений на рис. 5.9.

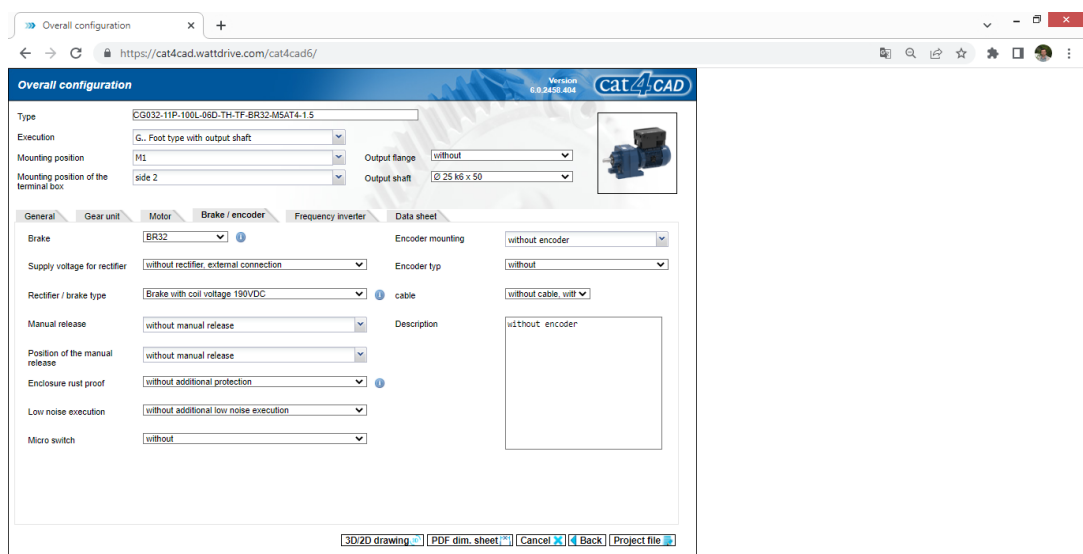


Рис. 5.9. Вікно вибору котушки і виконання гальма

Використання такого гальма дозволить шляхом встановлення відповідного випрямляча здійснювати керування стопорінням двигуна подачею/зняттям напруги 230В АС.

Закінчення процедури проектування із формуванням замовного листа здійснюється натисканням кнопки Project file.

Контрольні запитання та завдання

1. Визначить, які треба додати опції до мотор – редуктора, щоб здійснювати сервокерування двигуном.
2. Визначить особливості впливу сервіс – фактору на конфігурацію мотор – редуктора.
3. Чим визначається потужність використаного перетворювача частоти для отриманого мотор - редуктора?
4. Чи необхідно використовувати гальмівний резистор в системі електроприводу для цієї системи?
5. Чи може бути використаний запропонований проект в Євросоюзі згідно отриманих результатів.

Практична робота №6. Розрахунок компонентів системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун» для обертового столу

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун» за допомогою онлайн –конфігуратора Drive Solution Catalog від компанії Lenze.

Порядок проведення роботи

1. Вибрати структуру електромеханічної системи механізму повороту.
2. Ввести параметри профілю переміщення та циклу роботи двигуна.
3. Вибрати тип використовуваного редуктора та двигуна.
4. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

Для проектування системи електроприводу змінного струму для обертання столу використовується програма автоматизованого проектування від виробника Lenze. При запуску програми Drive Solution Catalog відкривається вікно, представлене на рис. 6.1.

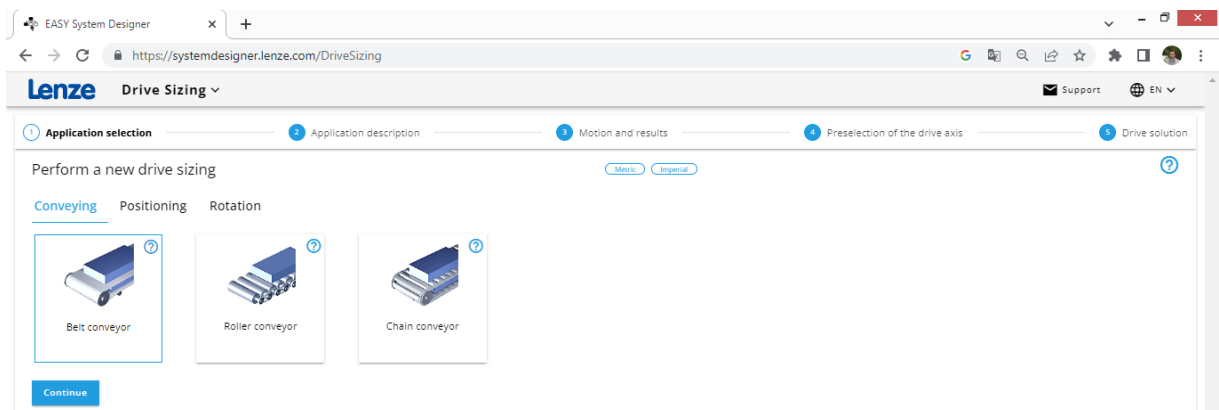


Рис. 6.1. Стартове вікно вибору Drive Solution Catalog

Ця програма дозволяє розрахувати електроприводи для простих технологічних задач, таких як переміщення за допомогою конвеєрів, підйомних механізмів та обертових приводів. Оскільки привод обертового столу відноситься до останнього типу, натискаємо кнопку вибору Rotation, отримуємо результат на рис. 6.2.

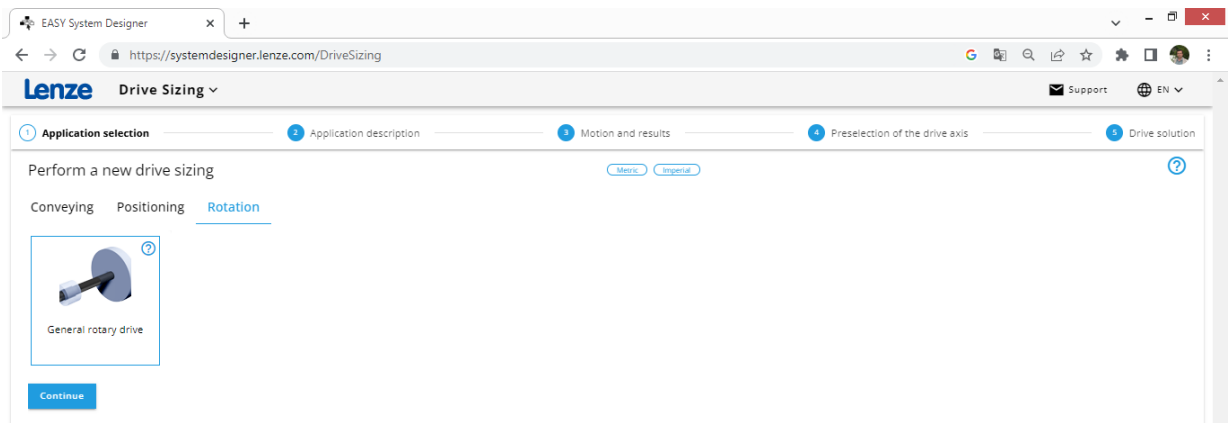


Рис. 6.2. Вікно вибору обертового механізму

При натисканні кнопки Continue система інженерного розрахунку електроприводу пропонує ввести момент інерції обертових мас та момент тертя. На відміну, від інших спеціалізованих програм від Lenze, де механіка може бути обрахована в цьому ж середовищі Drive Solution Catalog не має цієї функції. Отже вищевказані параметри повинні бути розраховані розробником електромеханічної системи окремо. Приймаємо значення моменту інерції механізму рівним $J = 3,75 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, а момент тертя $M_m = 10 \text{ Нм}$, що відповідає вазі обертових мас 60кг, радіусу столу 0,25м і використанню роликових підшипників. Вводимо дані у вікні на рис. 6.3.

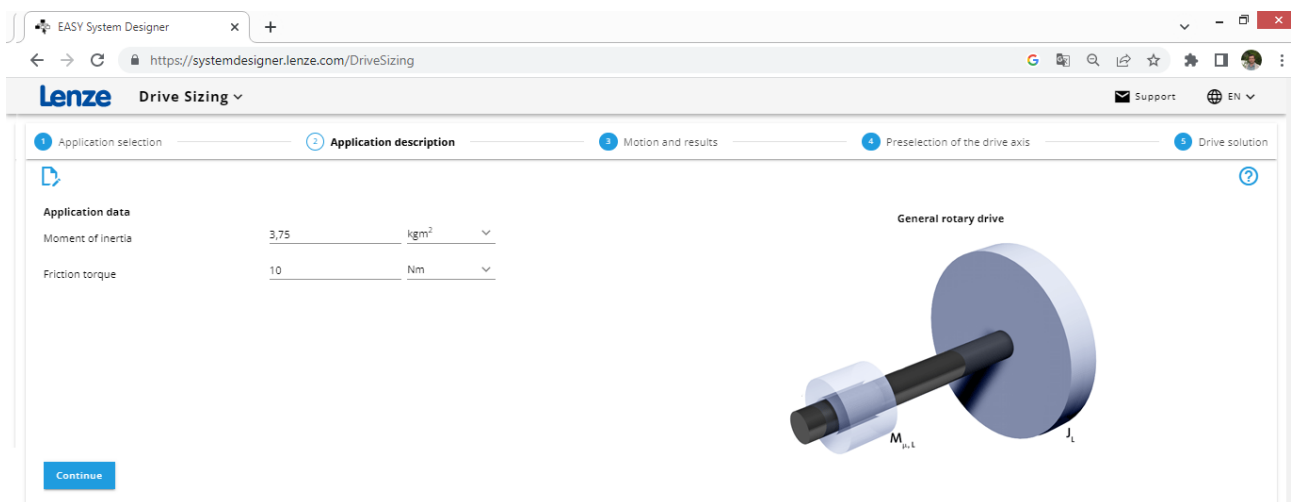


Рис.6.3. Вікно налаштувань обертового механізму

При натисканні кнопки Continue на екран виводяться параметри обертання механізму, представлені на рис. 6.4.

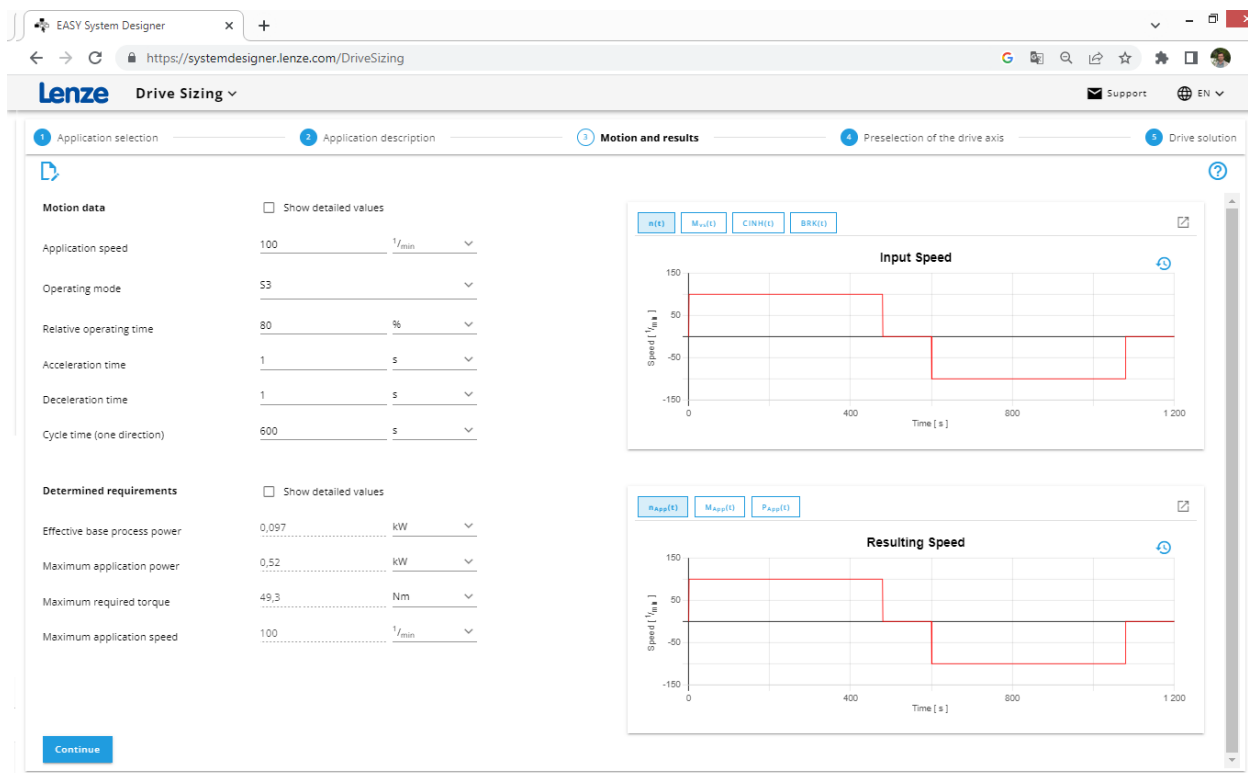


Рис. 6.4. Вікно параметрів і діаграм роботи обертового механізму

Встановлюємо параметри роботи обертового столу, відповідно до тихнологічних вимог. Отримаємо наступні значення руху, в тому числі тахограму переміщення, представлену на рис. 6.5.

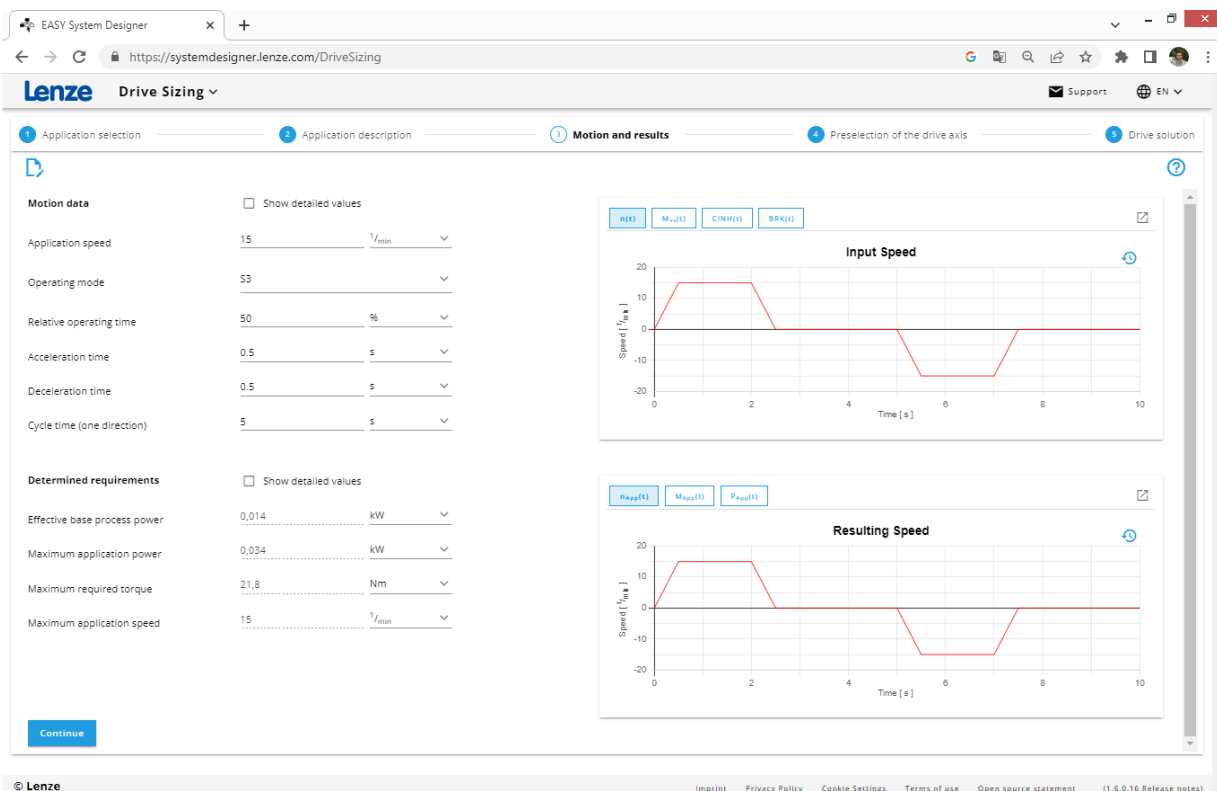


Рис. 6.5.Тахограми руху і навантаження механізму

Вибираючи вкладки $M_{vs}(t)$ та $M_{app}(t)$ отримуємо графіки зміни моменту навантаження та електричного моменту електропривода, представлені на рис. 6.6 та 6.7.

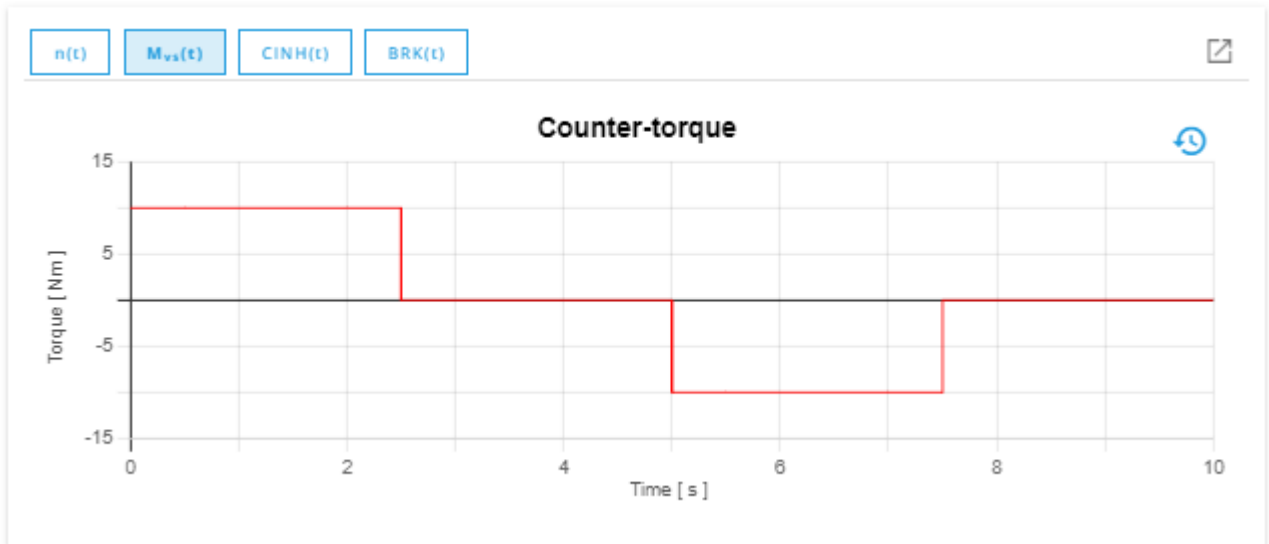


Рис. 6.6. Графік зміни моменту навантаження

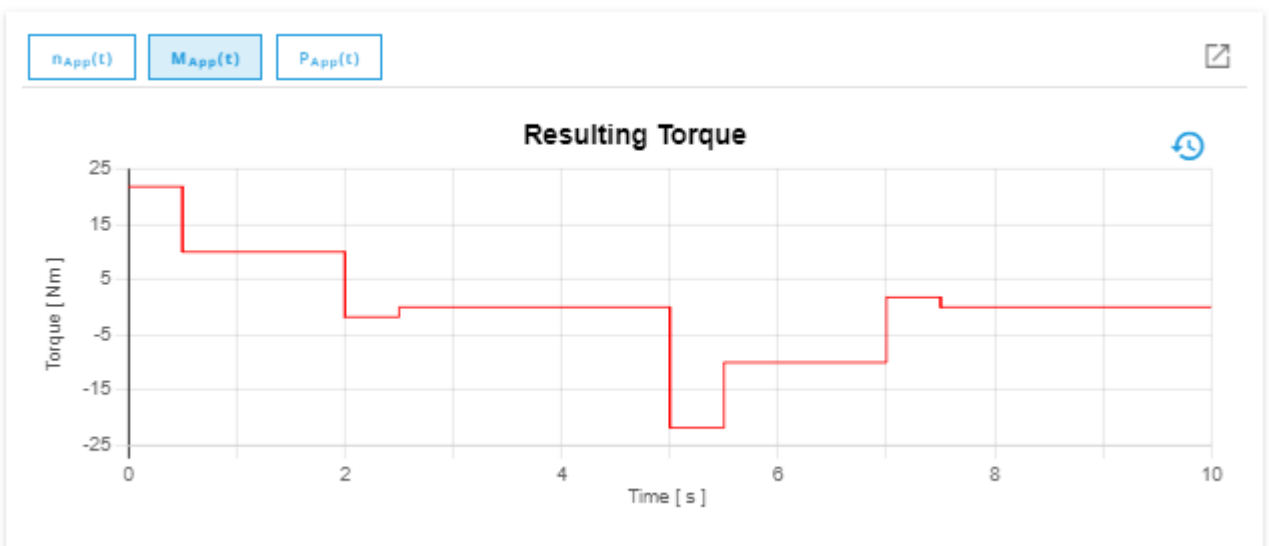


Рис. 6.7. Графіке зміни електромагнітного моменту

Крім того, з метою аналізу енергетичних характеристик всієї системи система автоматизованого інженерного розрахунку дозволяє отримати графік зміни споживаної потужності, представлений на рис. 6.8.



Рис. 6.8. Графік зміни потужності

Натискаємо кнопку Continue, отримаємо можливі налаштування електромеханічної системи від виробника Lenze, представлені на рис. 6.9.

Вибираємо режим керування за законом Костенка, найпростіший з точки зору інтегрованих функцій перетворювач серії i510, загальнопромисловий тип електродвигуна та конічний редуктор. Результати вводу представлені на рисунку 6.10.

Далі натискаємо Continue и отримаємо результати автоматичного інженерного розрахунку, представлені на рис. 6.11. Знаки оклику в налаштуваннях перетворювача і мотор – редуктора вказують, що для цих елементів не вказані додаткові опції. Натискаємо на знаку оклику для перетворювача і, якщо не потребуємо додаткових функцій, то натискаємо кнопку «Autocomplete configuration», а потім Apply, при цьому знак оклику зникне і відкриється доступ до файлів креслень і технічних характеристик.

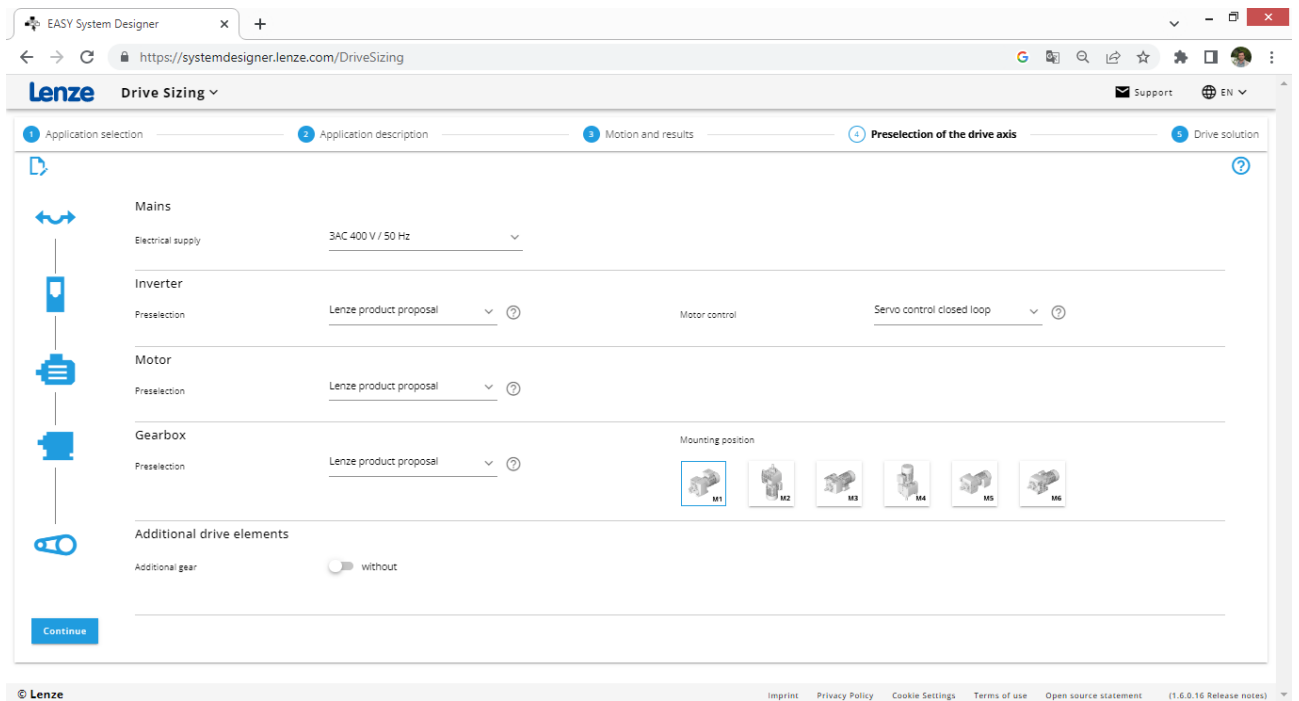


Рис. 6.9. Вікно конфігурації електромеханічної системи

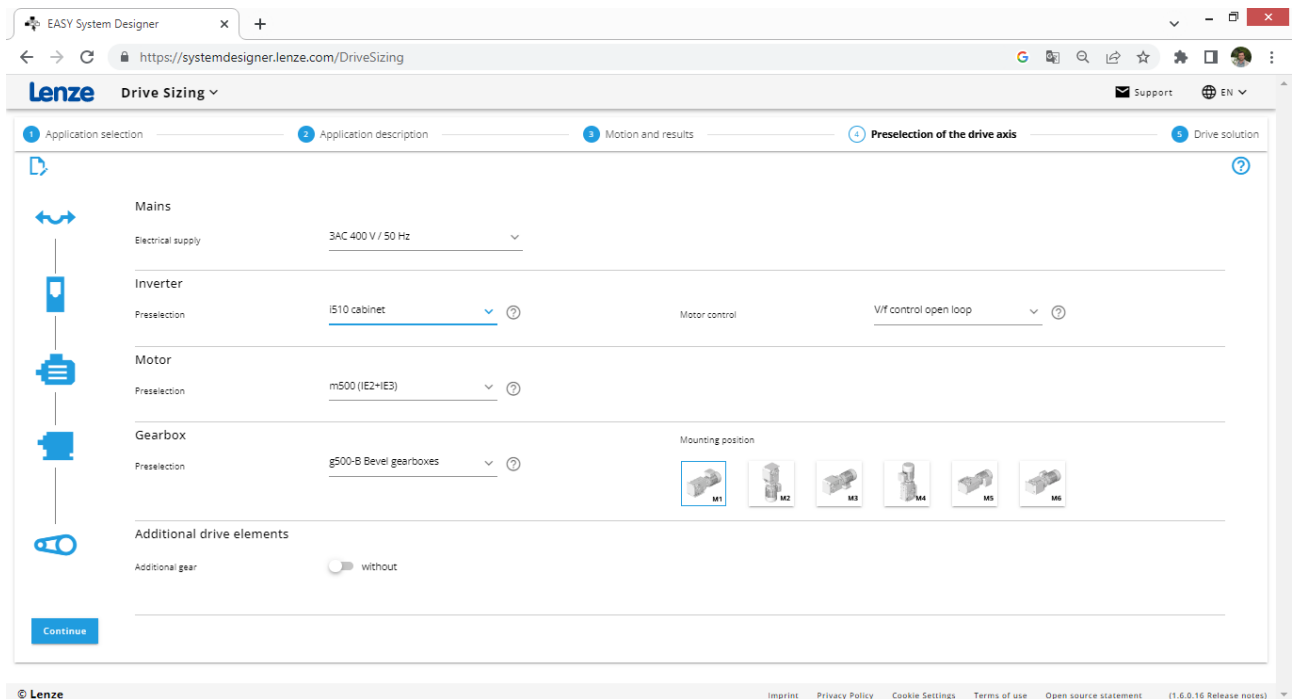


Рис. 6.10. Вікно із вибраними налаштуваннями електромеханічної системи

Здійснюємо аналогічну процедуру для мотор – редуктора, отже, отримуємо результати на рис. 6.12.

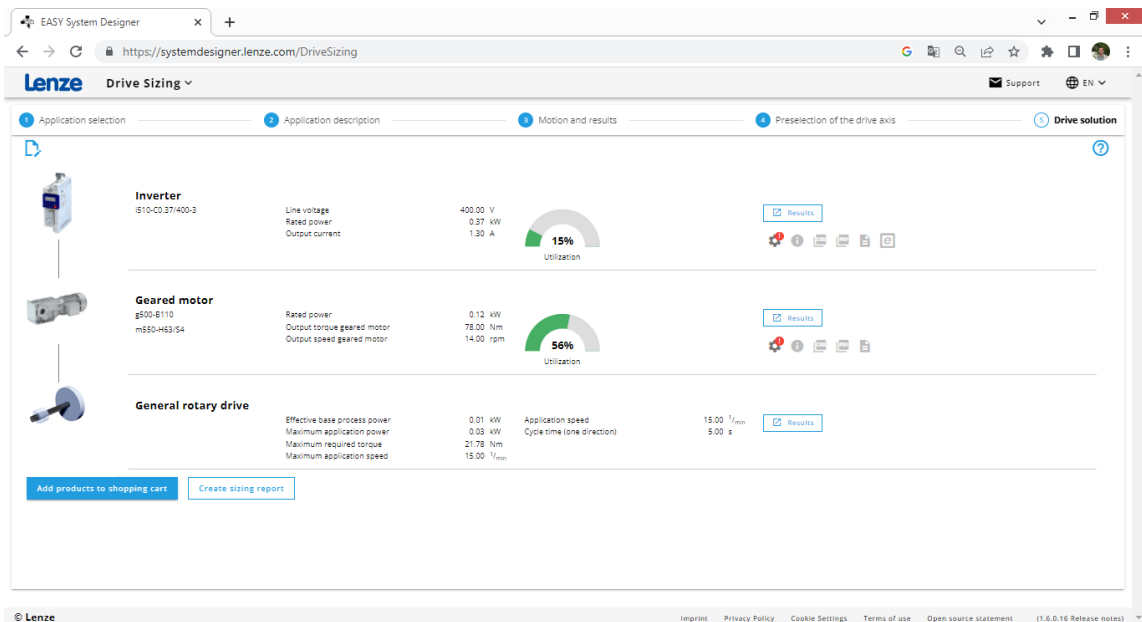


Рис. 6.11. Результати проектування без додаткових опцій

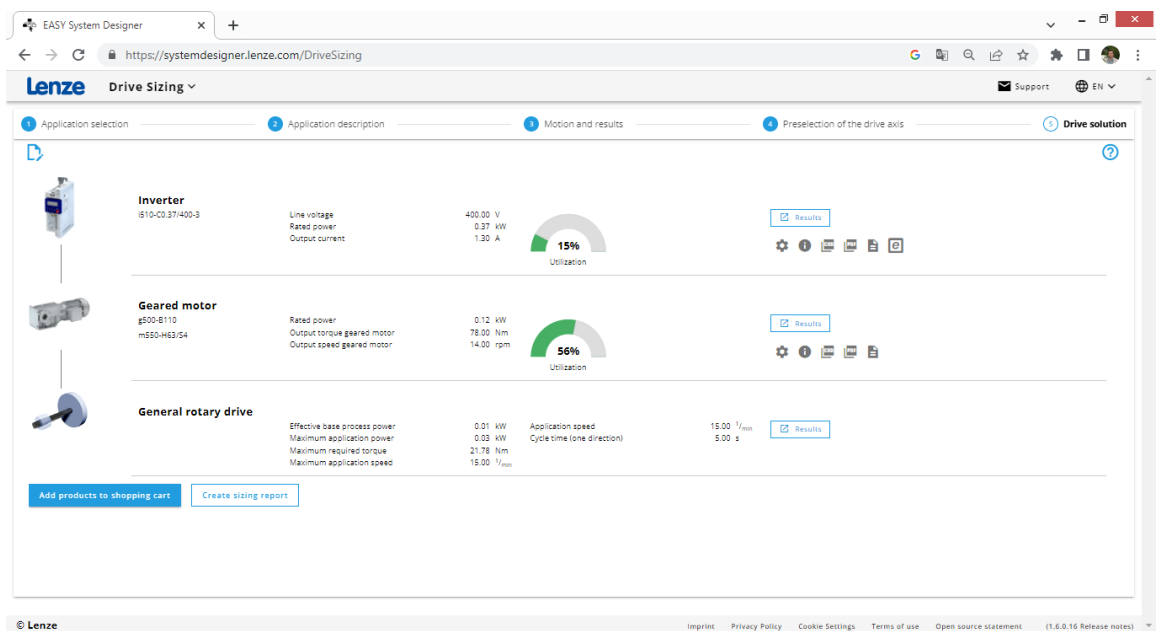


Рис. 6.12. Кінцеві результати проектування

При натисканні кнопки Create sizing report формується файл запиту до виробника.

Контрольні запитання та завдання

1. Визначить, в яких випадках використовується скалярне керування двигуном.
2. Визначить особливості використання конічного редуктора та їх переваги над циліндричним для обертового столу.

3. Як впливає вибраний час пуску на потужність перетворювача частоти?
4. Чи необхідно використовувати гальмівний резистор в системі електроприводу, відповідно до отриманих розрахункових даних?
5. Чи може бути використаний запропонований проект в Євросоюзі згідно отриманих результатів.

Практична робота №7. Розрахунок компонентів системи «перетворювач частоти – сервоасинхронний двигун» для ескалатора

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун» за допомогою онлайн –конфігуратора Drive Solution Catalog від компанії Lenze.

Порядок проведення роботи

1. Вибрати структуру електромеханічної системи механізму ескалатора.
2. Ввести параметри профілю переміщення та циклу роботи двигуна.
3. Вибрати тип використовуваного редуктора та додаткових опцій двигуна.
4. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

Для проектування системи електроприводу змінного струму для ескалатора використовується програма автоматизованого проектування від виробника Lenze. При запуску програми Drive Solution Catalog відкривається вікно, представлене на рис. 7.1.

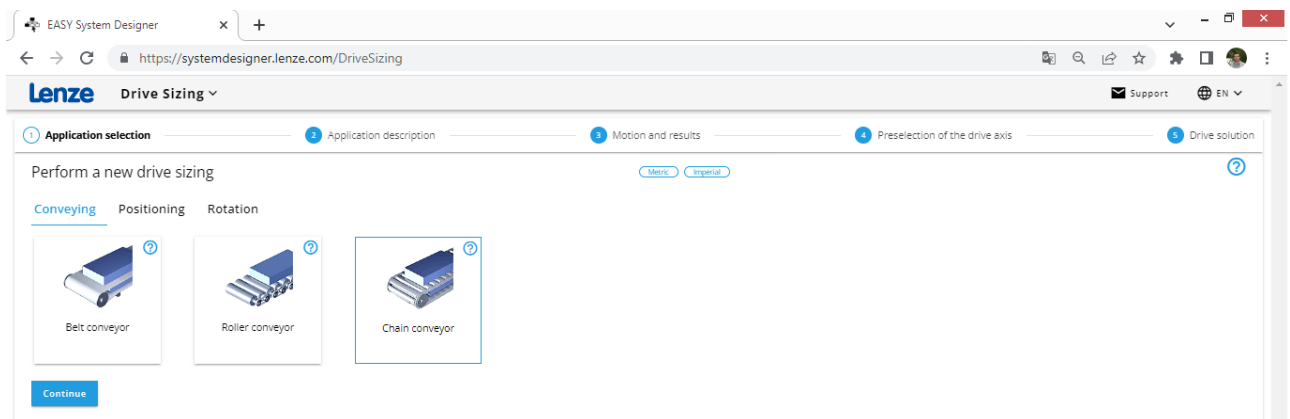


Рис. 7.1. Статорве вікно онлайн – конфігуратора Drive Solution Catalog.

Для проектування вибираємо найближчий за принципом дії механіки ланцюговий конвеєр. Вибираємо параметри переміщення, що відповідають діаметру приводного барабану 0,5м та вагою ланцюгу 1200 кг. Результати вводу представлені на рис. 7.2

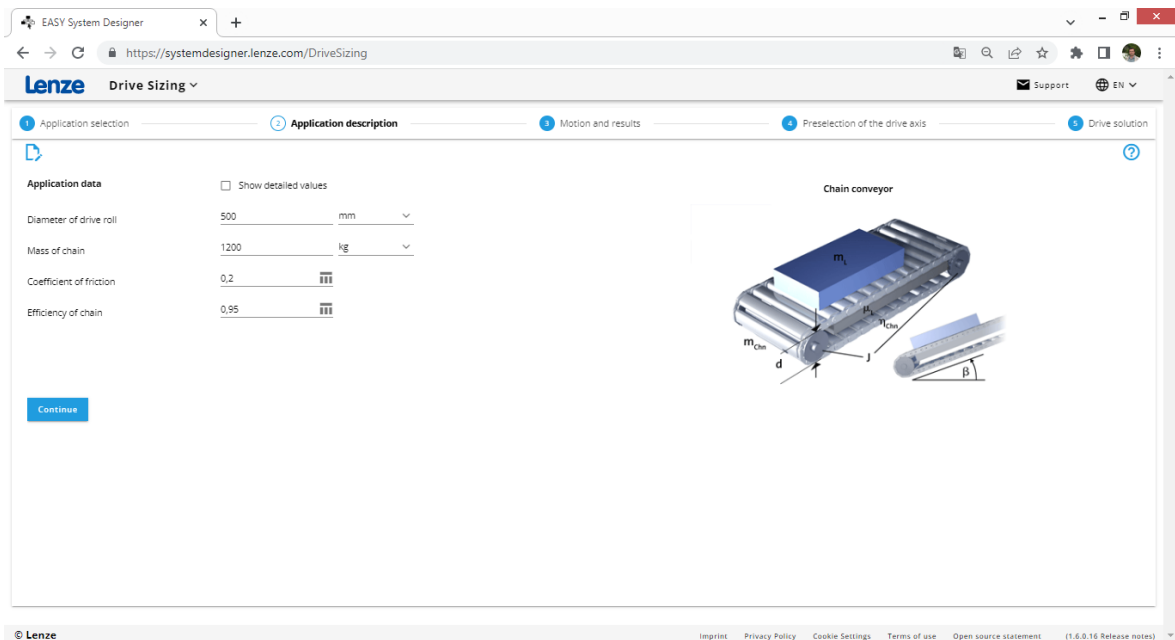


Рис. 7.2. Вікно вводу параметрів навантаження

Екскалатор проектуємо для одночасного підйому 20 людей (по 85 кг на людину) із лінійною швидкістю до 0,5м/с. Час розгону і сповільнення залишаємо незмінними, тобто по 1 с. Діаграма переміщення матиме вигляд, представлений на рис. 7.3.

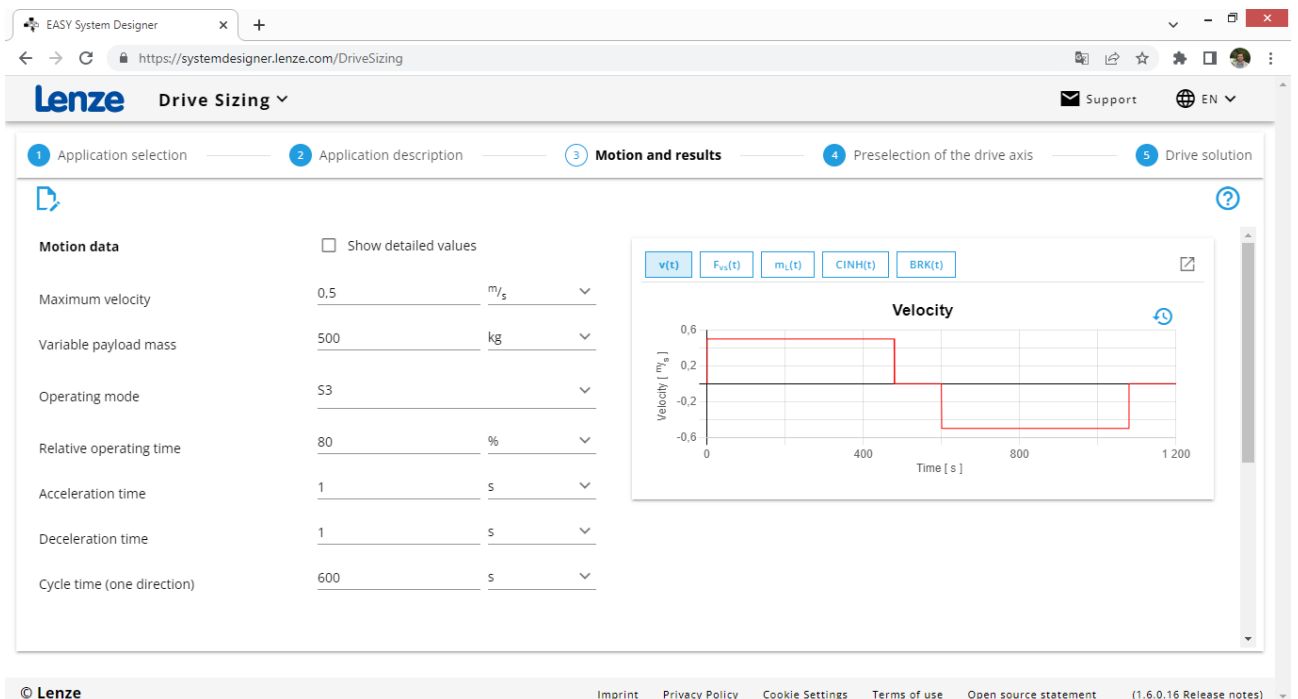


Рис.7.3. Діаграма переміщення механізму

Програма розраховує параметри навантаження та споживану потужність, крутний момент на необхідну швидкість обертання. Результати розрахунку параметрів представлені на рис. 7.4.

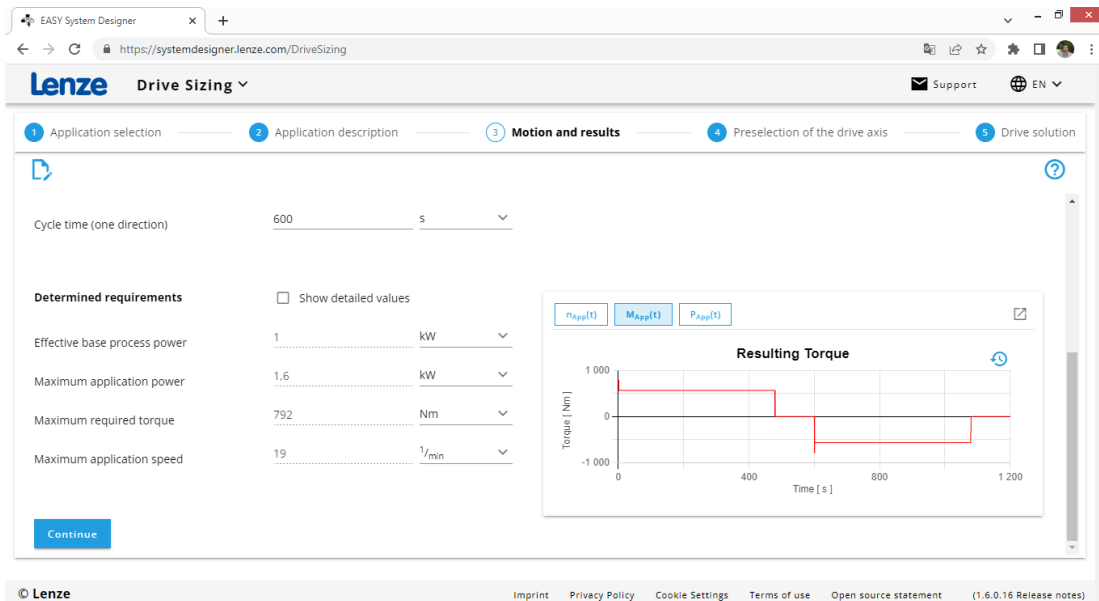


Рис. 7.4. Парамри навантаження електроприводу

Далі вказуються технологічні параметри приводу, а саме виконання редуктора та режим керування двигуном.

Для забезпечення плавного розгону з S-подібною ххарактеристикою вибираємо прямокутний редуктор та сервокерування асинхронним двигуном (керування з датчиком зворотного зв'язку). Натискаємо кнопку Continue та починається пошук необхідного обладнання, що можна побачити із рис. 7.5.

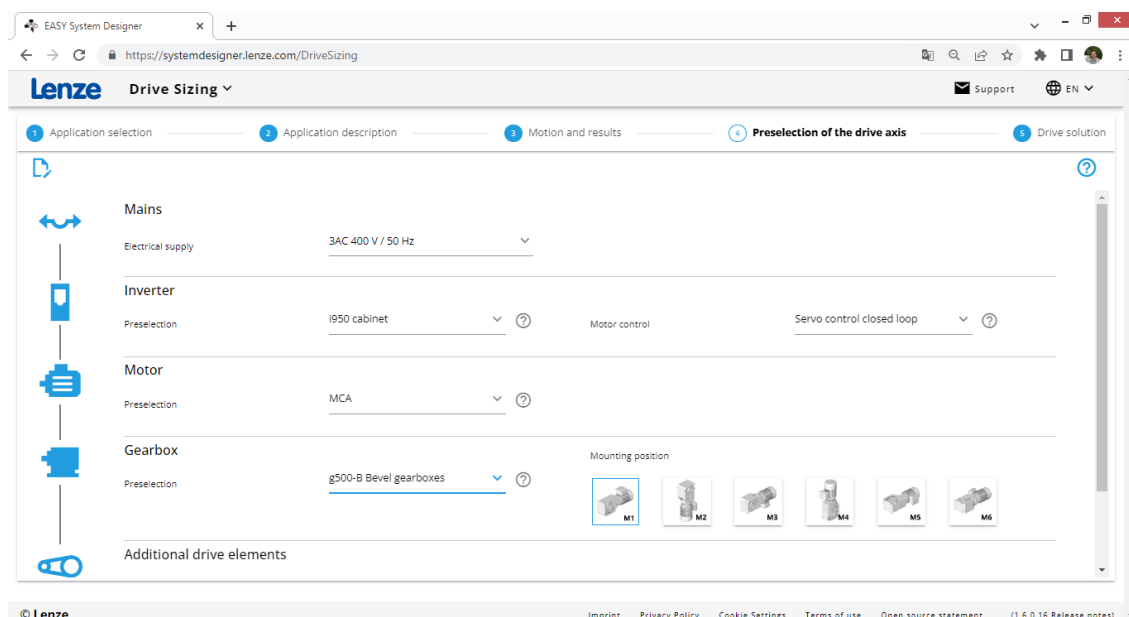


Рис. 7.5. Вікно вибору компонентів електромеханічної системи

В результаті вікно із результатами проектування приймає вигляд, представлений на рис. 7.6.

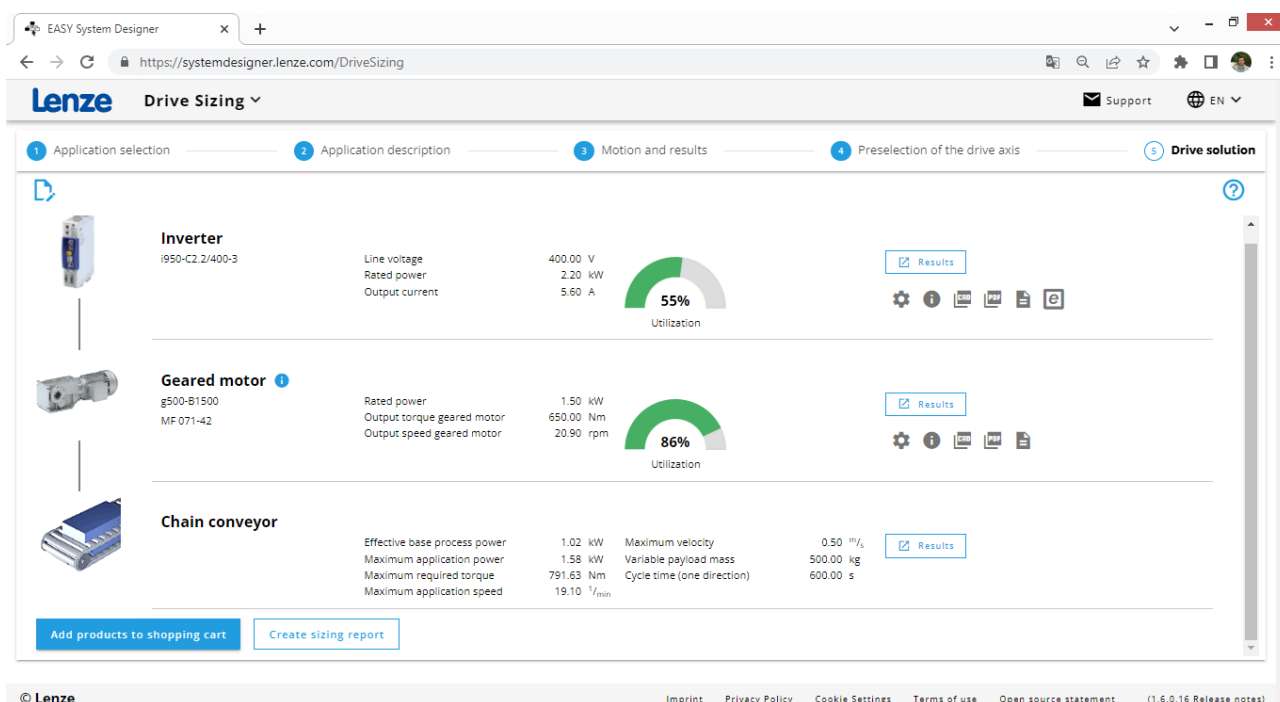


Рис. 7.6. Результати проектування

Програма видає необхідний перелік обладнання для даної задачі, що може бути відправлений постачальнику електрообладнання. У висновках необхідно вказати необхідність використання сервокерування для даної задачі та допуски, при яких можна використовувати скалярне керування.

Контрольні запитання та завдання

1. Визначить переваги сервокерування на скалярним керуванням двигуном.
2. Визначить особливості використання прямокутних редукторів та їх переваги над циліндричними.
3. Визначить переваги децентралізованого приводу, у порівнянні з встановленням у шафі.
4. Як впливає вибраний час пуску на потужність перетворювача частоти?
5. Як визначити потужність гальмівного резистора в системі підйому, відповідно до отриманих розрахункових даних?

Практична робота №8. Вибір електропривода для обертового столу з точним позиціонуванням.

Мета роботи – здобути практичні навички по проектування сервоприводу для механізму лінійного переміщення за допомогою програми Yaskawa SigmaSelect.

Порядок проведення роботи

1. Вибрати структуру механізму лінійного переміщення. Ввести параметри навантаження та швидкості роботи для механізму лінійного переміщення на прикладі приводу подачі токарного верстата Haas ST-10.
2. Ввести параметри профілю переміщення та циклу роботи двигуна.
3. Вибрати додаткові характеристики синхронного двигуна та привода, відповідно до реального режиму роботи механізму.
4. Вибрати гальмівний резистор двигуна, відповідно до профілю переміщення.
8. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

1. Для проектування системи електроприводу лінійного переміщення використовується програма автоматизованого проектування від виробника Yaskawa. При запуску програми Yaskawa SigmaSelect відкривається вікно, представлене на рис. 8.1.



Рис. 8.1. Стартове вікно конфігуратора Yaskawa SigmaSelect

У вікні, що відкривається, вводяться дані щодо кінцевого заказчика обладнання (необов'язково), та проектувальника обладнання.

Далі вводяться параметри навантаження для токарного металообробного верстата. Коефіцієнт тертя та момент інерції редактора розраховуються у спеціальному калькуляторі (відповідні іконки в Load Editor), зовнішній вигляд якого представлений на рис. 8.2.

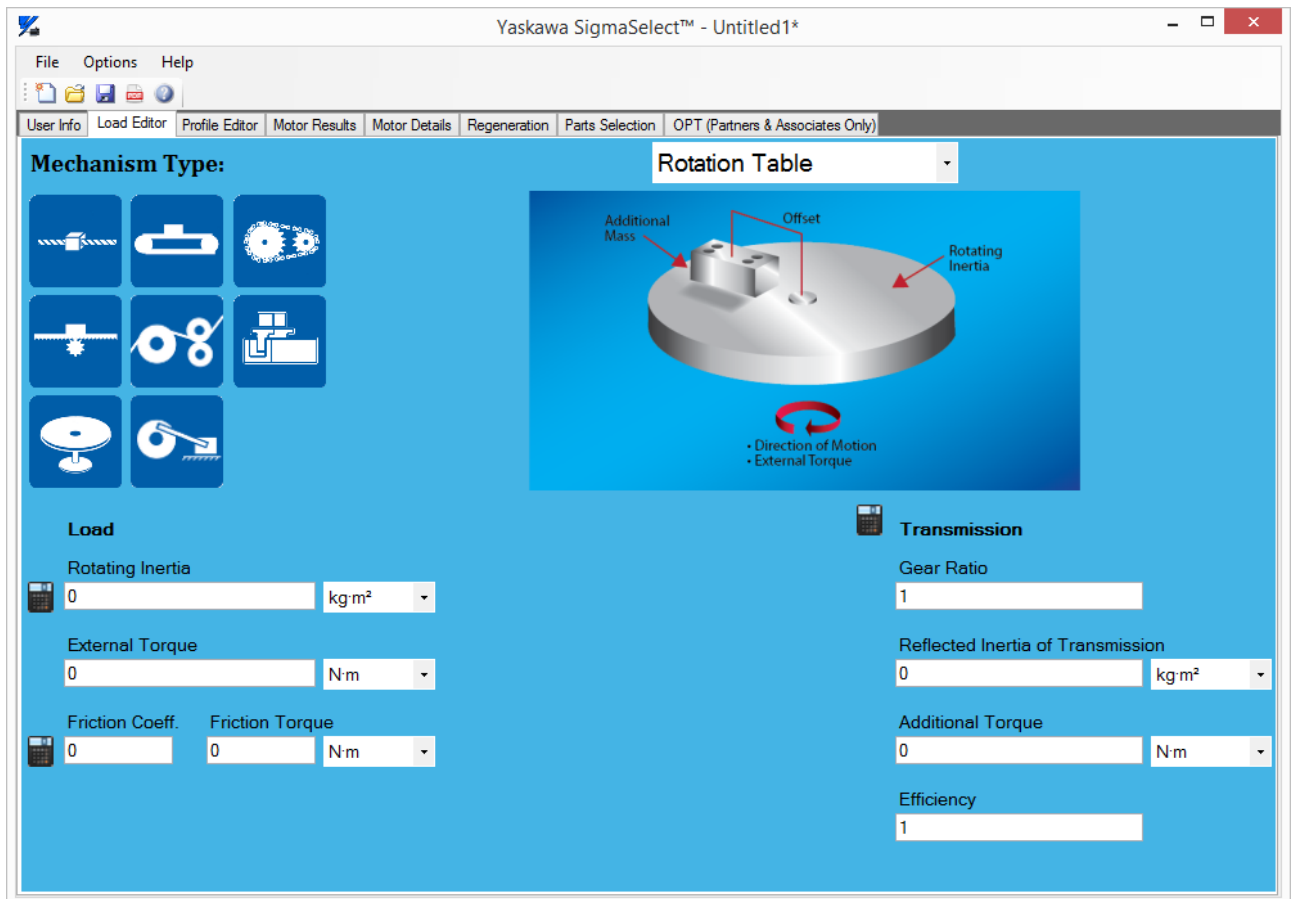


Рис. 8.2. Калькулятор моменту інерції

В редакторі профілю задаються параметри переміщення, швидкості, прискорення та ривка, як це можна побачити із рис. 8.3.

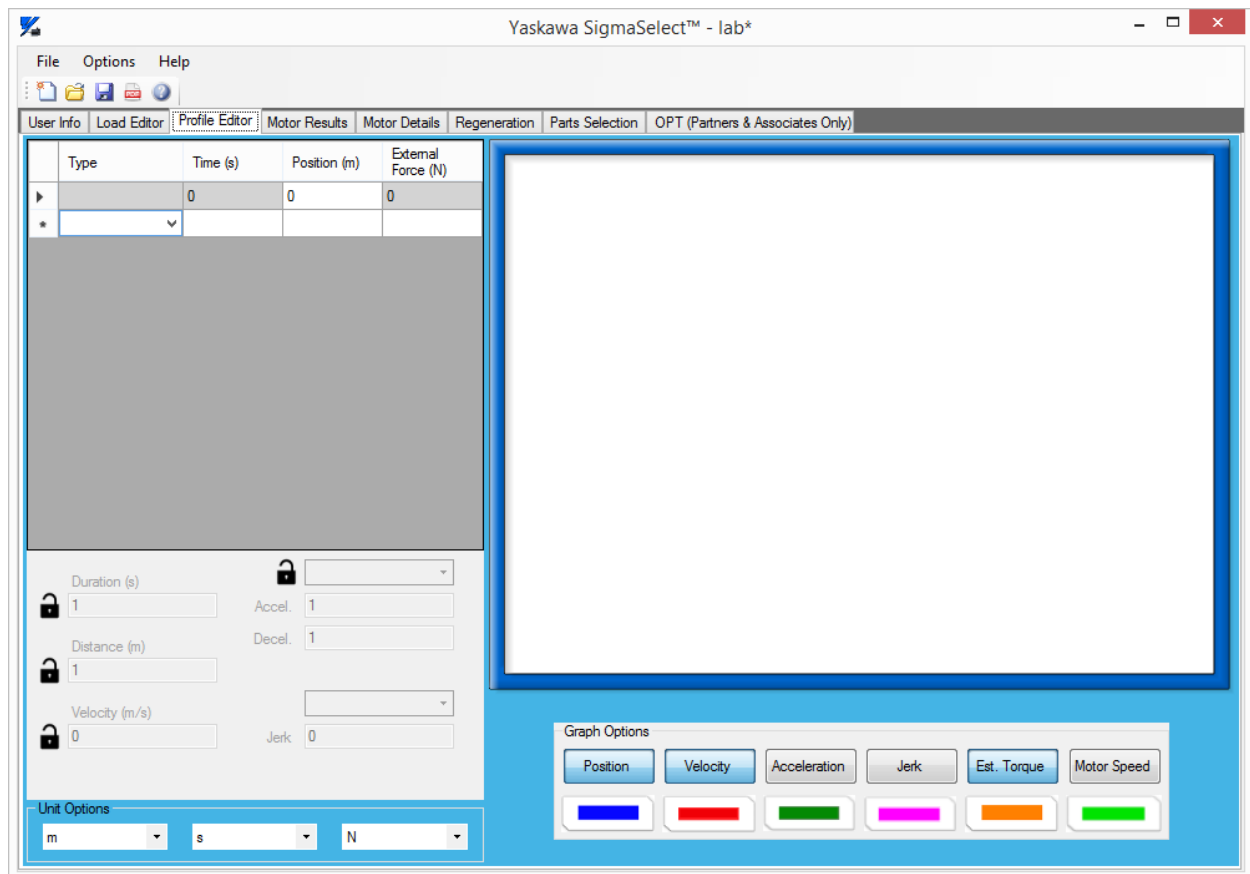


Рис. 8.3. Редактор профілю переміщення

Є декілька способів завдання профілю переміщення, таких як:

- завдання прискорення/гальмування;
- переміщення/проміжок часу;
- відпрацювання трикутної тахограми руху;
- відпрацювання трапеції переміщення.

Найбільш популярним є розрахунок відповідно до переміщення за заданий проміжок часу, який можна побачити на рис. 8.4.

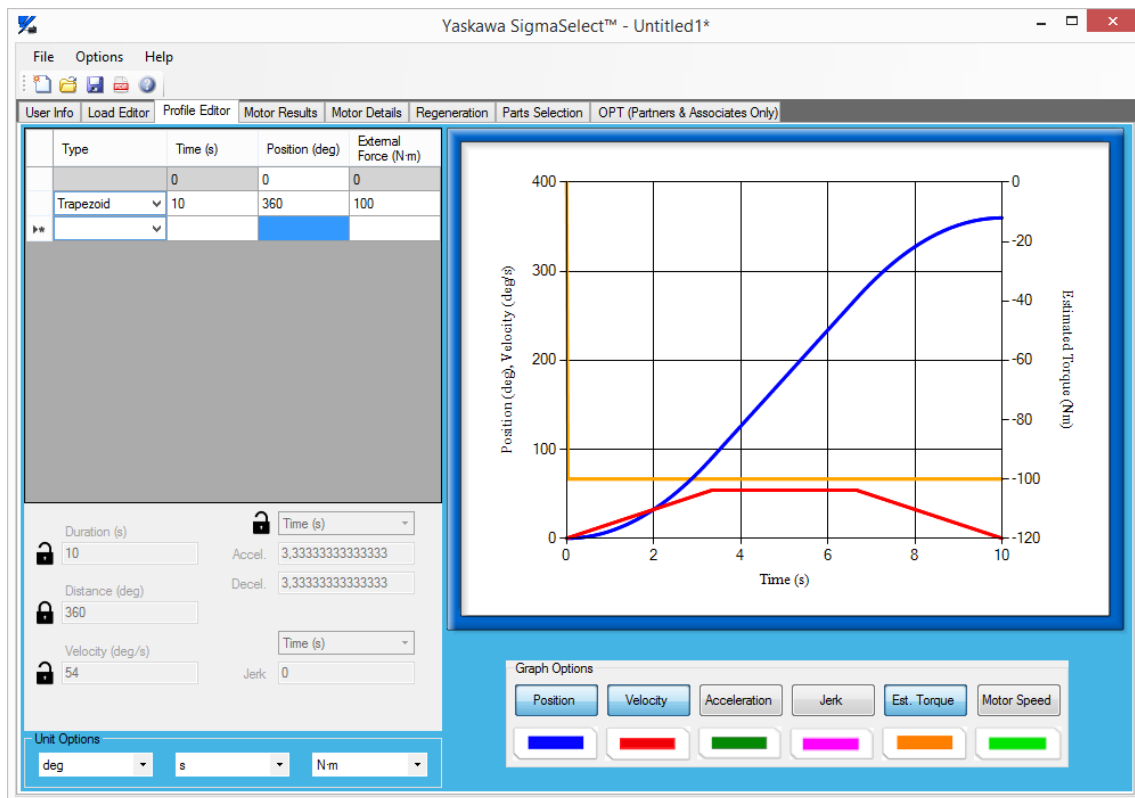


Рис. 8.4. Тахограма руху відповідно до переміщення за заданий проміжок часу

У вікні отриманих результатів для двигуна на рис. 8.5 отримуюємо перелік двигунів, що підходять для даної приводної задачі.

The screenshot shows the Yaskawa SigmaSelect software interface with the 'Motor Results' tab selected. The interface displays a list of recommended motors based on the input parameters. The table below shows the results:

Part No.	Rated Torque (Nm)	Factor of Safety	Required Rated Torque (Nm)	Peak Torque (Nm)	Factor of Safety	Required Peak Torque (Nm)	Rated Speed (RPM)
SGMVV-2BD*B	140	1.4	100	350	3.5	100	1500
SGMVV-3ZD*B	191	1.91	100	478	4.78	100	1500
SGMVV-3GD*B	236	2.36	100	589	5.89	100	1500
SGMVV-4ED*B	286	2.86	100	715	7.15	100	1500
SGMVV-5ED*B	350	3.5	100	875	8.75	100	1500
SGMVV-2BD*D	262	2.62	100	526	5.26	100	800
SGMVV-3ZD*D	358	3.58	100	752	7.52	100	800
SGMVV-3GD*D	442	4.42	100	930	9.3	100	800
SGMVV-4ED*D	537	5.37	100	1,18E+03	11.8	100	800
SGMVV-2BA*B	140	1.4	100	350	3.5	100	1500
SGMVV-3ZA*B	191	1.91	100	478	4.78	100	1500
SGMVV-3GA*B	236	2.36	100	589	5.89	100	1500
SGMVV-2BA*D	262	2.62	100	526	5.26	100	800
SGMVV-3ZA*D	358	3.58	100	752	7.52	100	800
SGMVV-3GA*D	442	4.42	100	930	9.3	100	800

Рис. 8.5. Перелік отриманих двигунів

Factor of safety визначає запас по моменту для цього застосування. При значному запасі система електроприводу може вийти економічно невиправданою. Тому, вибираємо двигун серії SGMVV-2BD меншої потужності. У вікні Motor details після правильного вибору двигуна показуються його характеристики. Наявність гальма, тип енкодера, напругу живлення і спосіб управління залежать від вибраного типу токарного верстата, як це представлено на рис. 8.6.

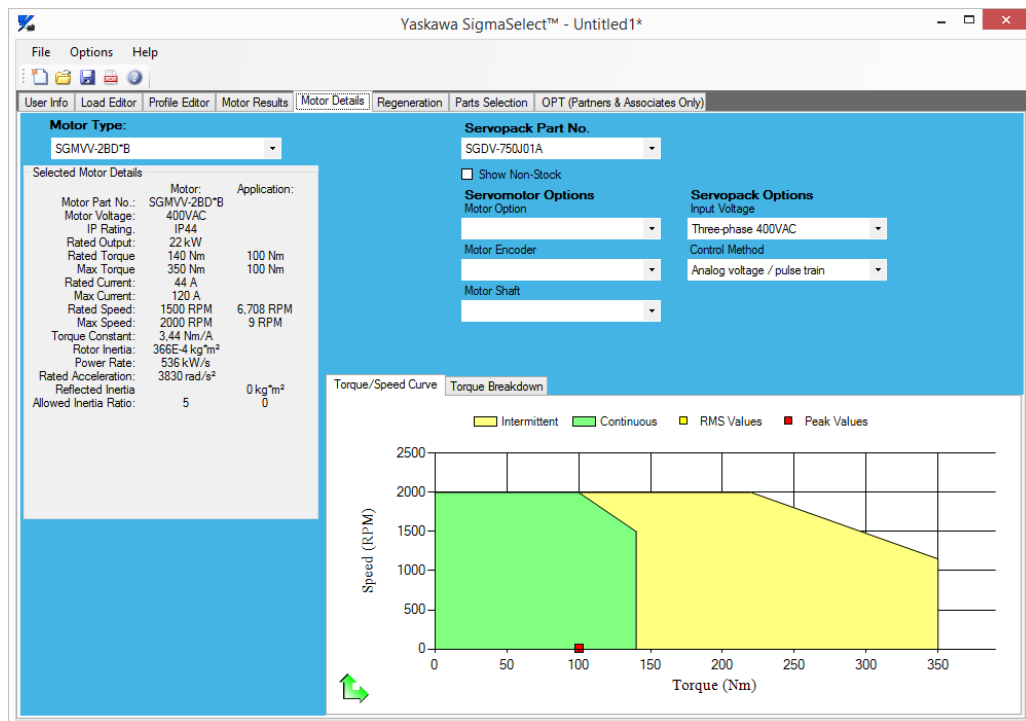


Рис. 8.6. Характеристики вибраного двигуна

Далі, при необхідності, вибираємо гальмівний резистор для забезпечення коректного режиму рекуперації, представлений на рис. 8.7.

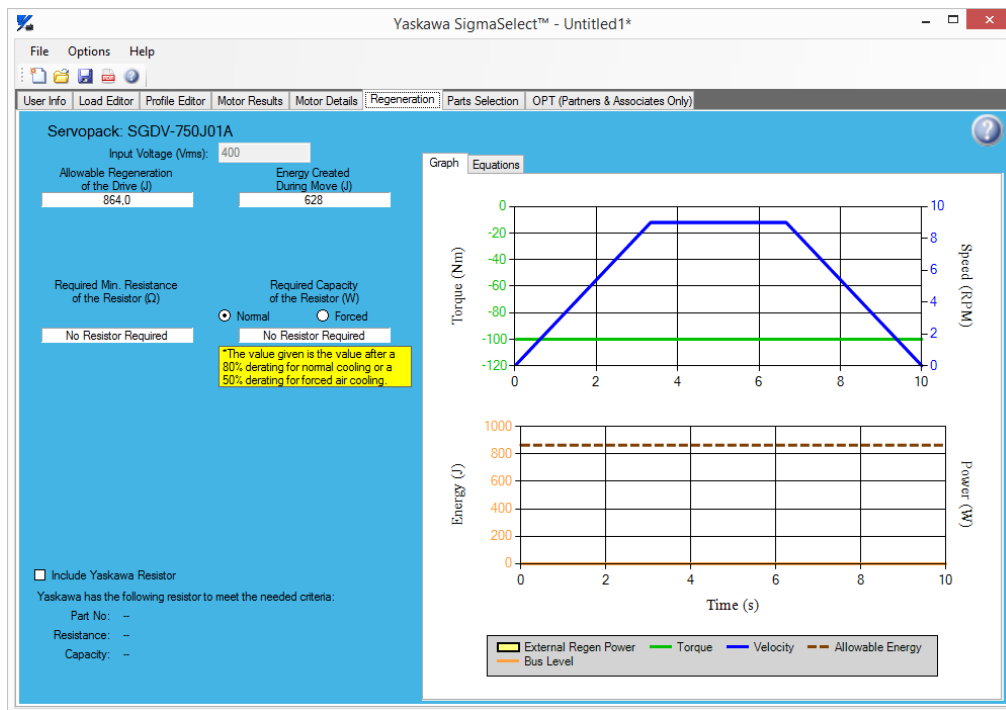


Рис. 8.7. Вибір гальмівного резистора

Кінцевий проект відкривається в наступному вікні, представленому на рис. 8.8.

Рис. 8.8. Кінцевий результат проектування

В кінцевих результатах проектування відобаржаються вибраний двигун і сервоперетворювач.

Контрольні запитання та завдання

1. Як вибраний час гальмування впливає на потужність гальмівного резистора?
2. Від чого залежить вибір типу енкодера, а саме інкрементального, абсолютного одно обертового та багато обертового?
3. Які ви знаєте способи завдання профілю переміщення в Yaskawa SigmaSelect?
4. Які ви знаєте додаткові параметри конфігурації сервоперетворювачів?
5. Які ви знаєте додаткові параметри конфігурування серводвигунів?

Практична робота №9. Розрахунок сервоприводу для механізму лінійного переміщення

Мета роботи – здобути практичні навички по проектуванню сервоприводу для механізму лінійного переміщення за допомогою програми Yaskawa SigmaSelect.

Порядок проведення роботи

1. Вибрати структуру механізму лінійного переміщення. Ввести параметри навантаження та швидкості роботи для механізму лінійного переміщення на прикладі приводу подачі токарного верстата Haas ST-10.
2. Ввести параметри профілю переміщення та циклу роботи двигуна.
3. Вибрати додаткові характеристики синхронного двигуна та привода, відповідно до реального режиму роботи механізму.
4. Вибрати гальмівний резистор двигуна, відповідно до профілю переміщення.
8. Зробити висновки по кожному режиму і по роботі в цілому.

Методичні вказівки

Для проектування системи електроприводу лінійного переміщення використовується програма автоматизованого проектування від виробника Yaskawa. При запуску програми Yaskawa SigmaSelect відкривається вікно, представлене на рис. 9.1.



Рис. 9.1. Стартове вікно програми для конфігурування Yaskawa SigmaSelect

У вікні, що відкривається, вводяться дані щодо кінцевого заказчика обладнання (необов'язково), та проектувальника обладнання.

Далі вводяться параметри навантаження для токарного металообробного верстата. Коефіцієнт тертя та момент інерції передачі «Гвинт-гайка» розраховуються у спеціальному калькуляторі (відповідні іконки в Load Editor), представленому на рис. 9.2.

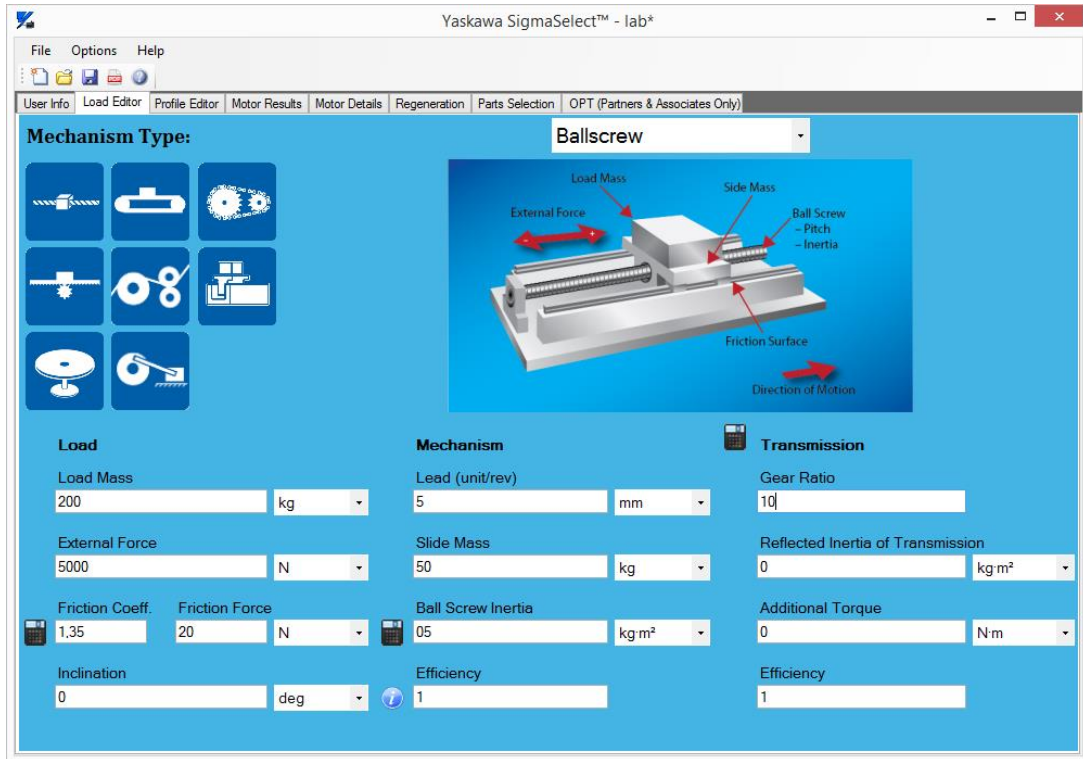


Рис. 9.2. Вікно Load Editor для розрахунку моменту інерції

В редакторі профілю задаються параметри переміщення, швидкості, прискорення та ривка, що представлено на рис. 9.3.

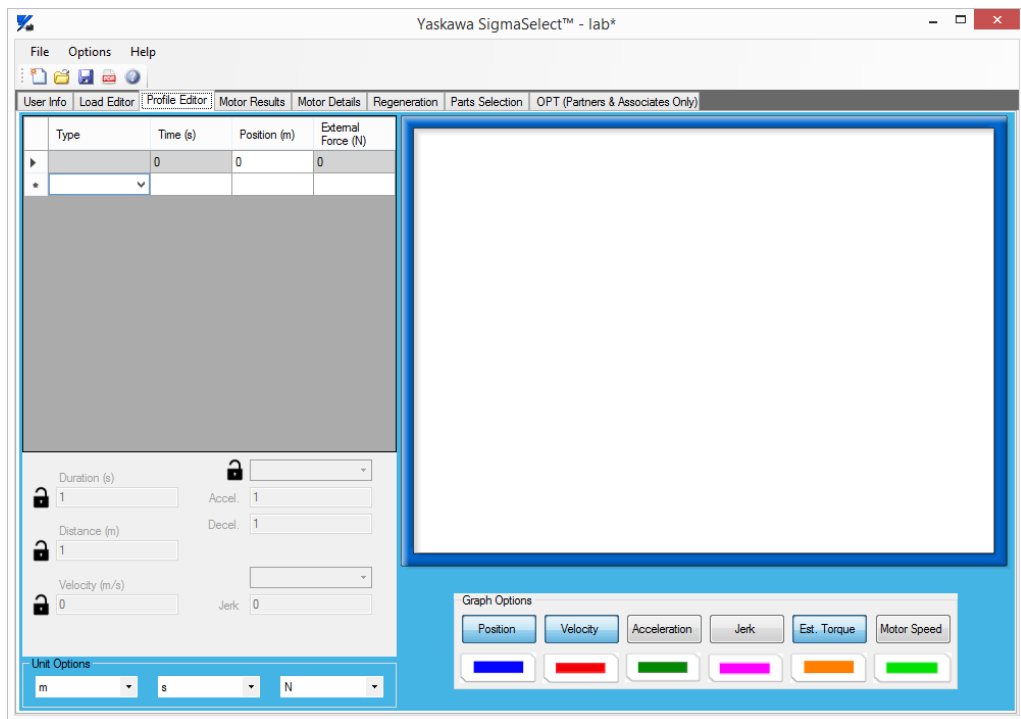


Рис. 9.3. Вікно налаштування переміщення

Є декілька способів завдання профілю переміщення, таких як:

- завдання прискорення/гальмування;
- переміщення/проміжок часу;
- відпрацювання трикутної тахограми руху;
- відпрацювання трапеції переміщення.

Найбільш популярним є розрахунок відповідно до переміщення за заданий проміжок часу, зовнішній вигляд якого представлено на рис. 9.4.

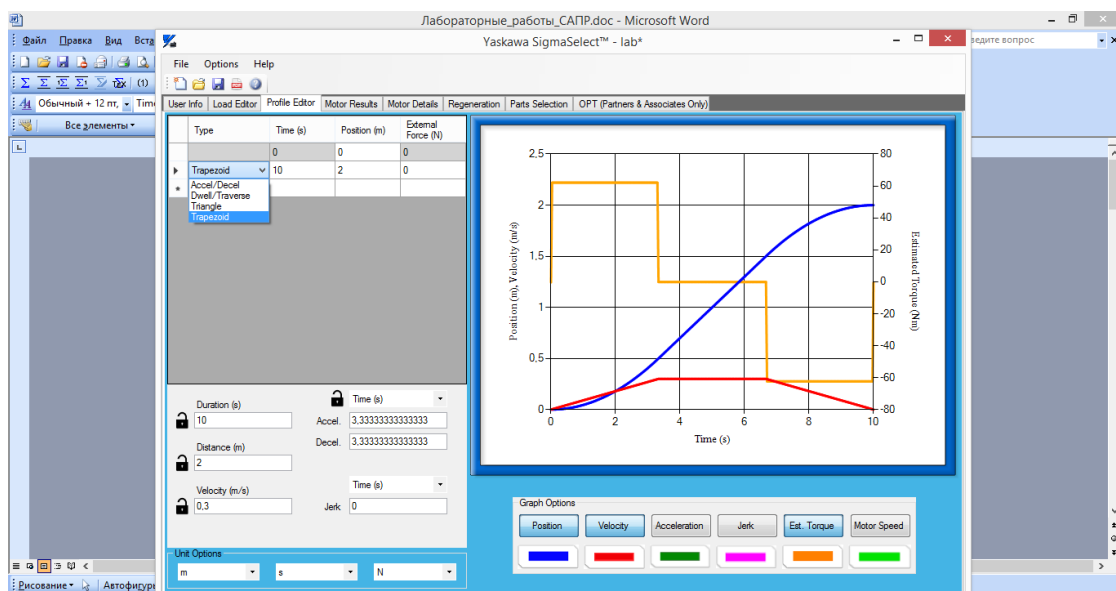


Рис. 9.4. Вікно відображення профілю переміщення

У вікні отриманих результатів для двигуна отримуємо перелік двигунів, що підходять для даної приводної задачі, які представлені на рис. 9.5.

Part No.	Rated Torque (Nm)	Factor of Safety	Required Rated Torque (Nm)	Peak Torque (Nm)	Factor of Safety	Required Peak Torque (Nm)	Rated Speed (RPM)
SGMAV-C2A*A	0,477	1,2	0,398	1,43	3,59	0,398	3000
SGMAV-02A*A	0,637	1,6	0,398	1,91	4,8	0,398	3000
SGMAV-04A*A	1,27	3,19	0,398	3,82	9,6	0,398	3000
SGMAV-06A*A	1,75	4,4	0,398	5,25	13,2	0,398	3000
SGMAV-08A*A	2,39	6,01	0,398	7,16	18	0,398	3000
SGMAV-10A*A	3,18	7,99	0,398	9,55	24	0,398	3000
SGMJV-02A*A	0,637	1,6	0,398	2,23	5,6	0,398	3000
SGMJV-04A*A	1,27	3,19	0,398	4,46	11,2	0,398	3000
SGMJV-08A*A	2,39	6,01	0,398	8,36	21	0,398	3000
SGMGV-03A*A	1,96	4,93	0,398	5,88	14,8	0,398	1500
SGMGV-05A*A	2,86	7,19	0,398	8,92	22,4	0,398	1500
SGMGV-09A*A	5,39	13,5	0,398	13,8	34,7	0,398	1500
SGMGV-13A*A	8,34	21	0,398	23,3	58,6	0,398	1500
SGMGV-20A*A	11,5	28,9	0,398	28,7	72,1	0,398	1500
SGMGV-03D*A	1,96	4,93	0,398	5,88	14,8	0,398	1500
SGMGV-05D*A	2,86	7,19	0,398	8,92	22,4	0,398	1500
SGMGV-09D*A	5,39	13,5	0,398	13,8	34,7	0,398	1500
SGMGV-13D*A	8,34	21	0,398	23,3	58,6	0,398	1500
SGMGV-20D*A	11,5	28,9	0,398	28,7	72,1	0,398	1500
SGMSV-10A*A	3,18	7,99	0,398	9,54	24	0,398	3000

Рис. 9.5. Вікно можливих двигунів для даної задачі

Factor of safety визначає запас по моменту для цього застосування. При значному запасі система електроприводу може вийти економічно невиправданою. Тому, вибираємо двигун серії SGMAV-C2A меншої потужності.

У вікні Motor details після правильного вибору двигуна показуються його характеристики. Наявність гальма, тип енкодера, напругу живлення і спосіб управління залежать від вибраного типу токарного верстата, що можна побачити на рис. 9.6.

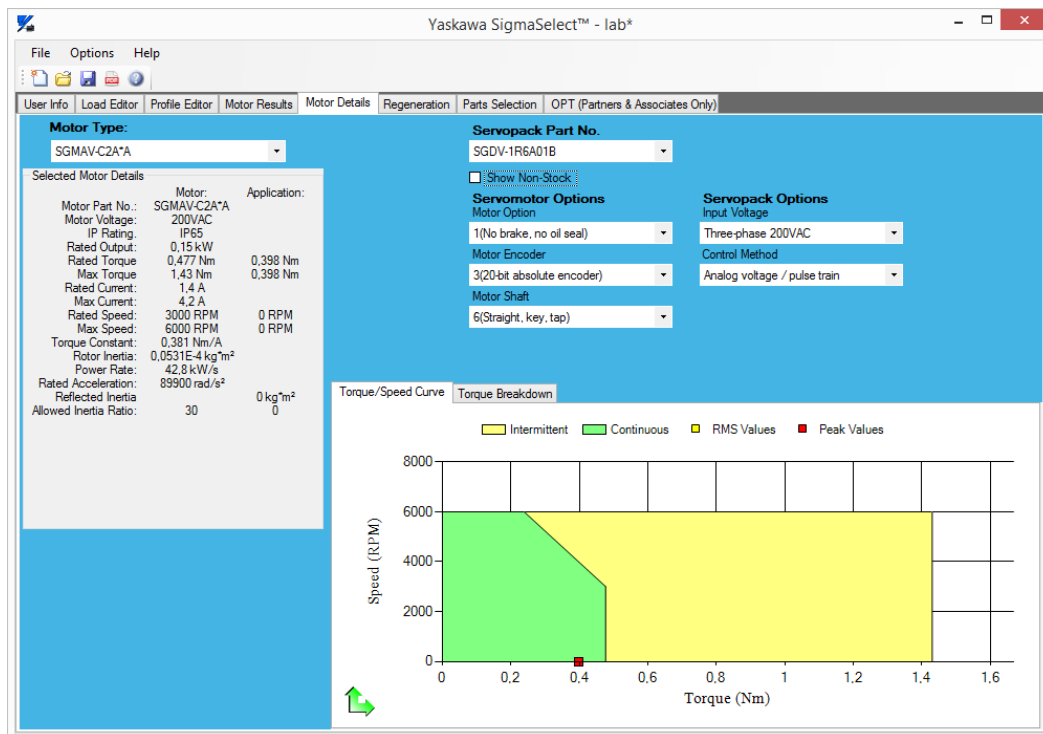


Рис. 9.6. Вікно відображення параметрів вибраного двигуна

Далі, при необхідності, вибираємо гальмівний резистор для забезпечення коректного режиму рекуперації, що представлено на рис .9.7.

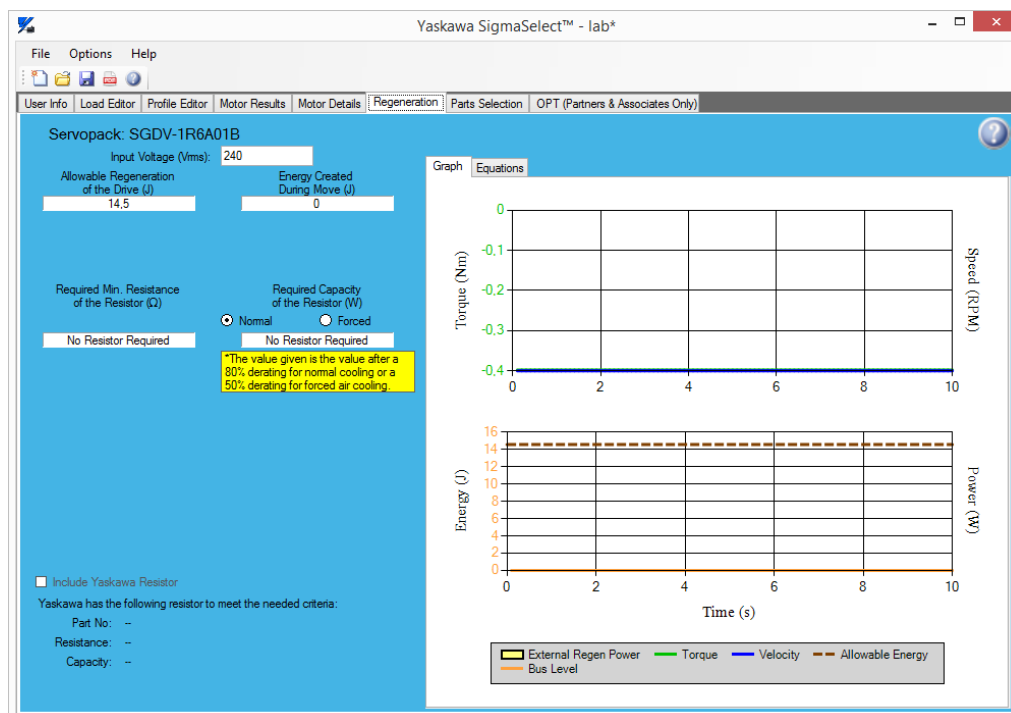


Рис. 9.7. Вікно вибору гальмівного резистора

Кінцевий проєкт відкривається в наступному вікні, представлено на рис. 9.8.

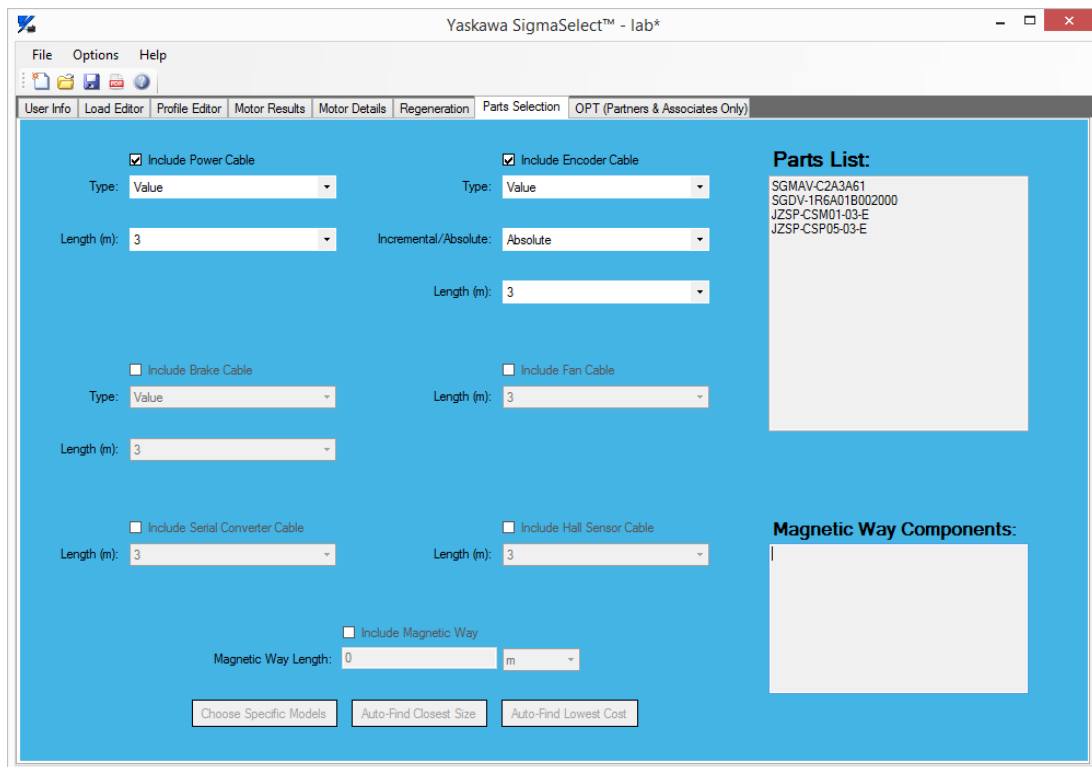


Рис. 9.8. Кінцеві результати проектування

Проект включає двигун, сервоперетворювач і з'єднувальні кабелі для підключення обмоток двигуна і датчика зворотного зв'язку за швидкістю.

Контрольні запитання та завдання

1. Як вибраний час гальмування впливає на потужність гальмівного резистора?
2. Від чого залежить вибір типу енкодера, а саме інкрементального, абсолютного одно обертового та багато обертового?
3. Які ви знаєте способи завдання профілю переміщення в Yaskawa SigmaSelect?
4. Які ви знаєте додаткові параметри конфігурації сервоперетворювачів?
5. Які ви знаєте додаткові параметри конфігурування серводвигунів?

Список рекомендованої літератури

1. Drive Solutions Mechatronics for production and logistics. Edited by E. Kiel. –Berlin: Springer Verlag, 2008. – 542 p.
2. Голодний І.М., Червінський Л.С., Жильцов А.В., Санченко О.В. Романенко О.І. Моделювання регульованого електропривода: Підручник. – К.: Аграр Медіа Груп, 2019. – 266 с.
2. Голодний І. М., Лавріненко Ю. М., Козирський В. В., Червінський Л. С., Абдураманов Д. А., Торопов А. В., Санченко О. В. Регульований електропривод : підручник. Київ: ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. - 509 с.
4. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод. Теорія і практика/ За ред. М.Г. Поповича, В.В. Кострицького. – К.: КНУТД. – 2008. – 408 с.
5. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання. Навчальний посібник./І.М. Голодний, Ю.М. Лавриненко, М.В. Синявський, В.В. Козирський, Л.С. Червінський, В.М. Решетнюк, В.В. Савченко; За ред.І.М. Голодного. – 2вид.- К.Аграр Медіа-груп. 2012-513с.
6. Елементи автоматизованого електропривода: Навчальний посібник/ А.П. Калінов, В.О. Мельников. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В. 2014-276с.