

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПУСКОМ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Толочко О.І., проф., Бугайчук Б.В., студ.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Дизель-електричні станції (ДЕС) застосовують в якості автономного, резервного або аварійного джерела електроживлення споживачів електроенергії як в стаціонарних умовах, так і в пересувних установках (в автомобілях, причепах, енергопоїздах).

Основним елементом пересувних і стаціонарних ДЕС є дизель-генератор, зібраний на загальній зварній рамі. Дизель і генератор, який служить для перетворення механічної енергії двигуна в електричну, з'єднані між собою жорсткою муфтою.

В якості первинних двигунів в основному застосовують безкомпресорні чотири- та двотактні дизелі потужністю $5\div 2000$ л.с. які мають частоту обертання 375-1500 об./хв. Дизелі зазвичай комплектуються синхронними генераторами трифазного змінного струму [1].

На основі дизельних електростанцій будуються когенераційні установки. Когенераційна установка – це технологічна система, принцип роботи якої дозволяє одночасно отримувати теплову та електричну енергії. Електрична енергія виробляється електрогенераторною установкою. Для виробництва теплової енергії використовуються теплообмінники, які віддають в магістраль вихлопні гази двигунів різної будови.

Пуск дизельних електростанцій є складною процедурою, яка вимагає наявності передбачених змін у конструкції та/або спеціальних пристроїв для пуску. Питання пуску надзвичайно важливе, оскільки без його вирішення цієї проблеми подальше функціонування дизельної електростанції не можливе.

На сьогоднішній день існує декілька видів пуску, абсолютна більшість з яких вимагають постійного обслуговування відповідних пускових пристроїв та високого рівня знань та навичок обслуговуючого персоналу. Цей факт створює ряд проблем, оскільки при відсутності спеціаліста, який може обслуговувати та ремонтувати пускові пристрої, функціонування дизельної електростанції неможливе.

Мета роботи. Виконати аналіз способів пуску дизельних електростанцій та обрати найбільш перспективний з них для пуску когенераційних установок.

Матеріали і результати досліджень.

Для пуску дизеля необхідно привести в обертання його колінчастий вал від стороннього джерела енергії [2]. Для цього використовуються, головним чином, електрична енергія (електропуск) і енергія стисненого повітря (пневматичний пуск). У рідких випадках використовуються також енергія вибуху (піротехнічний пуск), кінетична енергія обертаних мас (інерційний пуск) або енергія деформованої пружини [3].

До найбільш розповсюджених способів пуску дизелів належать ручний, пуск стартерним двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ), стартерний пуск електродвигуном, пуск стисненим повітрям (пневматичний), пуск оборотним двигуном [3].

Найбільш поширеним способом пуску досліджуваних установок є *пуск стисненим повітрям* [1].

У низько- і середньооборотних дизелях пуск здійснюється повітрям тиском $25 \div 30$ кгс/см ($2,5 \div 3,0$ МПа), в низькооборотних двигунах в прогрітому стані - $4 \div 7$ кгс / см ($0,4 \div 0,7$ МПа). Для пуску багатооборотних дизелів необхідно, щоб тиск повітря був вище. Це пояснюється значними тепловими втратами в процесі стиснення та великою відносною поверхнею охолодження.

Пуск здійснюється при положенні поршня, відповідному початку такту розширення. У цей момент в циліндр через спеціальний пусковий клапан надходить стиснене повітря. Під його тиском поршень рухається вниз, обертаючи колінчастий вал. У період пуску повітря надходить послідовно в усі циліндри в порядку їх роботи. Розрізняють дві основні схеми пневматичного пуску: з автоматичними пусковими клапанами і з пневматично керованими пусковими клапанами,

В системі з пневматичних керованими пусковими клапанами стиснене повітря підводиться від головного пускового (маневрового) клапана по трубі одночасно до всіх пусковим клапанів циліндрів.

Однак клапани залишаються закритими, так як тиск повітря на їх тарілки врівноважується. Коли поршень якого-небудь циліндра займе пускове положення, до його пусковому клапану від розподільника повітря, з'єданого з головним пусковим клапаном трубопроводом буде подано повітря. Він відкриє клапан, і робочий повітря надійде у циліндр. Пуск стисненим повітрям може проводитися як з подачею палива в циліндри (змішаний пуск), так і без неї (роздільний запуск).

Переваги пневматичного пуску [4, 5]:

- можливість пуску двигуна без електропостачання;
- вибухо- та іскробезпечність пуску.

Недоліки пневматичного пуску:

- висока вартість системи пневматичного пуску;
- необхідність внесення у конструкцію дизельного двигуна додаткових пристроїв, що робить її складнішою;
- необхідність наявності компресора та повітропроводів;
- необхідність наявності пускового балона, що знаходиться постійно під тиском.

Пуск тракторних дизелів середньої і великої потужності здійснюється за допомогою допоміжного карбюраторного двигуна [1]. *Застосування в якості пускового пристрою карбюраторного двигуна* забезпечує надійний пуск дизелів при будь-яких температурних умовах.

Пусковий пристрій включає в себе пусковий двигун та силову передачу. Пусковий двигун і силову передачу кріплять зазвичай з правого боку до картера

маховика дизеля. В якості пускових двигунів широко використовують карбюраторні двигуни ПД-10М, ПД-10М2, П-23 і П-46, Двигуни ПД-10М та ПД-10М2 одноциліндрові, двотактні, карбюраторні з кривошипно-камерною продувкою потужністю 7,36 кВт (10 к.с.).

Двигуни П-23 і П-46 двоциліндрові, двотактні, карбюраторні з кривошипно-камерної продувкою потужністю 12,5 кВт (17 к.с.).

Силова передача призначена для передачі обертання колінчастого вала пускового двигуна вала дизеля. Силова передача пускового пристрою складається з муфти зчеплення, редуктора і механізму виключення.

Переваги пуску допоміжним карбюраторним двигуном [4] :

- можливість довготривалого пуску без ризику перегріву стартерного двигуна;

- надійність пуску при будь-яких кліматичних умовах;
- необмежений пусковий резерв [3].

Недоліки:

- висока вартість;
- пуск стартерного двигуна, як правило, ручний;
- необхідність наявності механізму виводу стартерного двигуна із кінематичної схеми.

Пуск автомобільних двигунів і тракторних дизелів невеликої потужності, як правило, здійснюється за допомогою електростартера.

Електростартер, який використовується в якості пускового пристрою двигуна, являє собою електродвигун постійного струму з послідовним збудження. Цей тип збудження вибраний через вимогу розвивати великий момент при малих швидкостях. Електростартер забезпечений приводним механізмом для включення шестерні стартера з зубчастим вінцем маховика під час пуску і роз'єднання їх після пуску.

Залежно від способу включення і виключення шестерні стартера з зубчастим вінцем маховика стартери можуть бути з примусовим механічним включенням і безпосереднім управлінням і з примусовим електромагнітним мвключенням і дистанційного керування. У стартерах з примусовим включенням і безпосереднього керування включення шестерні стартера з вінцем маховика і замикання струму в обмотках стартера здійснюється зусиллям машиніста, а в стартерах з примусовим включенням і дистанційним керуванням ці операції проводяться автоматично за допомогою тягового реле і реле включення.

Розглянемо конструкцію *стартера СТ-130 з примусовим електромагнітним включенням і дистанційним керуванням* [4]. Стартер складається з чотирьохполюсного електродвигуна постійного струму послідовного збудження з механізмом приводу, електромагнітного тягового реле і реле включення. Електродвигун постійного струму послідовного збудження складається з сталевих корпусу з чотирма полюсними сердечниками і обмотками збудження, якоря з обмотками, колектора і чотирьох щіток. Щітки розташовані в щіткотримачах на кришці і виконані з матеріалу, що містить 90%

міді, 4% графіту і 6% свинцю. Дві додатні щітки ізольовані від маси (корпусу) і з'єднані з кінцями обмотки збудження, а дві від'ємні з'єднані з масою.

Переваги пуску електричним стартером:

- відносна невисока вартість системи пуску;
- живлення постійним струмом, що дає можливість використовувати акумулятори;

- невеликий час пуску.

Недоліки пуску електричним стартером:

- обмежений пусковий резерв;
- ненадійність пуску при низьких температурах;
- обмежений час роботи електростартера.

Дизелі, що застосовуються в якості приводу для генераторів постійного струму на кораблях при наявності резервної акумуляторної батареї із сумарною напругою, яка дорівнює напрузі мережі, можуть запускатися за допомогою робочого генератора [6]. Цей генератор на період пуску обертається у серієсний електродвигун завдяки наявності додаткової обмотки послідовного збудження. Після запуску ця обмотка шунтується за допомогою спеціального релейного пристрою, і генератор починає виконувати свої робочі функції. Зазначимо, що мережа на корабельних дизелях може мати напругу набагато нижче, ніж 220 В.

Переваги пуску оборотним електродвигуном:

- необмежений час роботи пускового пристрою;
- велика потужність пускового пристрою;
- менша вартість в наслідок відсутності додаткових пускових пристроїв та механізмів.

Недоліки:

- можливість функціонування такої системи лише з генератором постійного струму;
- невеликий пусковий резерв або пуск лише при наявності електропостачання.

Широке застосування в зарубіжній практиці знайшов ще один вид електричного пуску [3]: за допомогою постійно з'єднаних з колінчастим валом допоміжних електромоторів, що переводять після запуску на режим зарядних генераторів. Вал стартер-генератора приводиться в обертання або від валу силового генератора, або від розподільного валу дизеля [6]. Під час роботи двигуна допоміжні генератори дають струм системі електропостачання, наприклад судна, і підживлюють при необхідності акумуляторну батарею.

Переваги пуску допоміжним стартер-генератором:

- можливість підзарядки акумуляторів після виходу дизеля у робочій режим;
- менша вартість у порівнянні з електростартером.

Недоліки:

- відсутність пускового резерву;
- з'єднання з головним двигуном через ремінну передачу;
- складність конструкції.

З практики відомо, що головною проблемою пуску дизельних установок є складність та необхідність постійного обслуговування пускових пристроїв.

У випадку пневматичного пуску головною проблемою є герметичність пускового балона. З часом герметичні прокладки втрачають свої якості та починають пропускати повітря. При відсутності електропостачання докачати повітря за допомогою компресора не можливо, тому усі з'єднання потребують особливої уваги на необхідних навичок обслуговуючого персоналу.

У випадку пуску за допомогою пускового карбюраторного двигуна внутрішнього згорання головною проблемою є пуск самого цього двигуна. Як правило, такі системи мають або ручний пуск, або пуск електростартером. Ручний пуск є досить складним та може бути травматичним для обслуговуючого персоналу. У випадку пуску електростартером уся конструкція стає складною та дорогою, бо для пуску основного дизельного двигуна використовується допоміжний карбюраторний двигун, також відомий як «пускач» [3]. Відповідно для пуску цього карбюраторного двигуна використовується електростартер, який потребує або централізованого електропостачання, або наявності акумуляторної батареї. Окремо слід зазначити, що такий допоміжний карбюраторний двигун як правило є двотактним. Це спричиняє ряд проблем, бо для його роботи необхідний окремий бак з двотактною сумішшю (суміш мастила та бензину), яку слід окремо готувати, тому що для її створення не можна використовувати дизельне паливо головного двигуна.

Оскільки у якості головного приводу когенераційних установок використовують судові дизелі середньої та великої потужності, то перелічені вище способи пуску можуть застосовуватися для пуску таких установок.

Зараз у Європі (у тому числі в Україні) набули розповсюдження когенераційні поршневі установки на базі двигунів внутрішнього згорання. Функціональна схема такої когенераційної установки зображена на рис. 1.

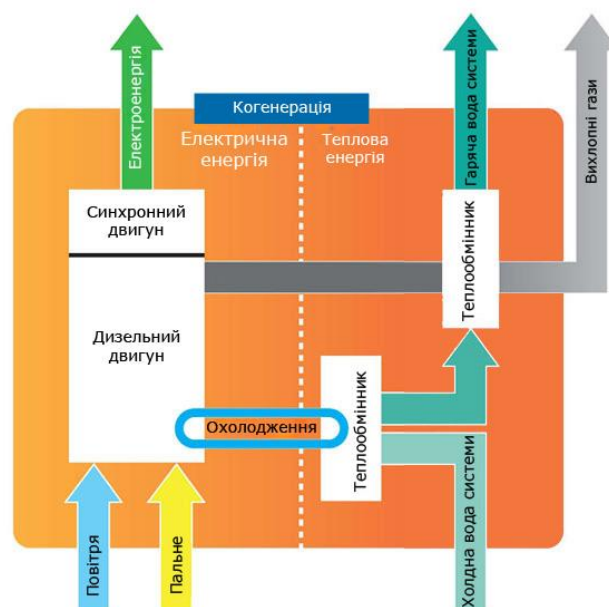


Рисунок 1 – Функціональна схема когенераційної установки

Переваги від використання систем когенерації для енергопостачання об'єктів багатогранні: з точки зору економічності (в тому числі за рахунок

зниження витрат на передачу енергії, тому що енергогенеруюче обладнання встановлено в безпосередній близькості від споживача), надійності (від зниження уразливості інфраструктури енергетики при непередбачених збоях), екології (від зниження шкідливих викидів в атмосферу) і утилізації теплоти (від розширення спектра ступенів по використанню первинних і вторинних енергоресурсів).

З використанням когенерації можливий частковий або повний перехід підприємства або житлового фонду з централізованого теплопостачання на місцеві когенеруючі системи. Доцільний варіант перетворення видів енергії (теплової в електричну і, навпаки) з використанням додаткових акумулюючих пристроїв (для згладжування нерівномірності використання теплової та електричної енергії протягом доби), при яких раціонально вирішується проблема передачі надлишків електроенергії в електромережу в періоди зупинки виробництва теплової енергії і забезпечується розподіл теплоти між підприємствами і житловим фондом.

Висновок. З виконаного аналітичного огляду та аналізу проблем, що виникають у процесі експлуатації систем пуску дизельних установок, можна зробити висновок, що одним з перспективних напрямів спрощення та здешевлення обслуговування когенераційних установок на базі дизельних електростанцій є створення нових систем пуску, а оскільки когенераційні машини працюють паралельно з мережею вимоги до пускового пристрою значно зменшуються.

Перелік посилань

1. Штерн В.И., Самойлов А.А. Дизель-генераторы переменного тока напряжением до 400 В. Москва: Энергия, 1972, 104 с.
2. Возницкий И.В., Чернявская Н.Г., Михеев Е.Г. Судовые двигатели внутреннего сгорания (конструкция, теория и эксплуатация). Издание второе, переработанное и дополненное. Москва: Транспорт, 1979. 424 с.
3. Дизели. Справочник / Под науч. редакцией В.А. Ваншейдта. Москва, Ленинград: Машиностроение, 1964, 600 с.
4. Панкратов Г.П. Двигатели внутреннего сгорания. Автомобили, тракторы и их эксплуатация. – 4-е изд., перераб., и доп. Москва: Высшая школа, 1979. 296 с.
5. Вешкельский С.А. Справочник судового дизелиста. Вопросы и ответы. Ленинград: Судостроение, 1990, 368 с.
6. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство работа поршневых и комбинированных двигателей / Под общ. редакцией А.С. Орлина, М.Г. Круглова. Москва: Машиностроение, 1990, 289 с.