

---

УДК 621.39

Є.С. Лупандін, В.М. Уваров

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## **ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ДИЗЕЛЬ-ІНЕРЦІЙНИХ УСТАНОВКАХ ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ**

*В статті розглядаються перехідні процеси, пов'язані зі зміною частоти виробляємої електричної енергії та зникненням напруги основного джерела. Встановлюється зв'язок між часом переходу системи на резервне джерело живлення й мінімально допустимою кутовою частотою обертання вала установки в розрядному циклі. Пропонується для визначення дійсного стану основного джерела живлення використовувати прискорення вала установки гарантованого живлення.*

**Ключові слова:** *дизель-інерційна установка, установки гарантованого живлення, синхронні електричні машини, кутова частота обертання вала.*

### **Вступ**

В дизель-інерційних установках гарантованого живлення, до складу яких входить синхронна елект-

рична машина, на валу якої є маховик і роз'єднувальна муфта, що зв'язує синхронну електричну машину з приводним двигуном, при наявності напруги від зовнішньої мережі електрична машина

працює як двигун й забезпечує обертання маховика, що виконує функції накопичувача енергії. При цьому муфта роз'єднує вали електричної машини і приводного двигуна. Живлення споживачів, приєднаних до шин гарантованого живлення здійснюється від зовнішньої мережі. Якщо напруга від зовнішньої мережі зникає, синхронна електрична машина переходить в режим генератора. Запуск приводного двигуна забезпечується також маховиком, який виконує функцію статора й забезпечує розкрутку вала двигуна після вмикання роз'єднувальної муфти. В розглядаємих установках дуже складно визначити момент переводу установки на привід від власного двигуна. Складність визначення цього моменту полягає в тому, що в зовнішній мережі можуть мати місце відхилення й коливання частоти. При цьому в разі зниження частоти живлячої напруги електрична машина з режиму двигуна переходить в режим генератора й видає потужність в мережу, тобто зрозуміти зникла напруга чи ні дуже складно. Складно також визначити є чи ні потреба в запуску власного двигуна. Якщо напруга зникла, а тривалий час власний двигун не запускається, то запас кінетичної енергії маховика знижується, кутова частота та частота виробляємої напруги зменшується до неприпустимих значень й запускає мий власний двигун буде не спроможним забезпечити привід генератора з загальмованим маховиком. Якщо в системі електропостачання має місце лише зниження частоти, запуск власного двигуна не потрібен, оскільки недоцільні зайві витрати паливо-мастильних матеріалів та зайві витрати ресурсу двигуна, який звичайно значно менший ресурсу синхронної електричної машини.

**Аналіз літератури.** Типові режими роботи дизель-інерційних установок гарантованого живлення розглянуті в [1]. Але в [1] зовнішня мережа розглядається як мережа необмеженої потужності, в якій не має збурень, пов'язаних зі зниженням частоти обертання. В системі управління установок гарантованого живлення в разі її роботи з мережею необмеженої потужності достатньо мати реле напрямку потужності, яке при зміні напрямку струму синхронної електричної машини дає команду, на спрацьовування реле пуску установки гарантованого живлення. Ця команда забезпечує вмикання муфти, запуск власного двигуна й перемикання синхронної електричної машини на живлення від дизеля. В звичайній електричній мережі потужність обмежена й можливі збурення, які приводять до невизначеності дійсного стану електричної мережі.

### Основний матеріал

Для з'ясування зв'язку між допустимим мінімальним значенням кутової частоти обертання вала установки  $\omega_{\min}$  і часом  $t_n$  переводу системи на роботу від власного приводного двигуна розглянемо

рівняння руху вала в циклі розряду маховика, коли рухомий момент  $M_p = 0$ , тобто тоді, коли напруга від основного джерела живлення відсутня.

$$H_j \frac{d\omega}{dt} + \frac{P_n}{\omega} = 0, \quad (1)$$

де  $H_j$  – інерційна постійна установки;  $\frac{P_n}{\omega} = M_o$  – момент опору;  $P_n$  – потужність навантаження;  $\omega$  – кутова частота обертання;  $t$  – час.

Перетворюючи (1), отримаємо:

$$\omega d\omega = -\frac{P_n}{H_j} dt. \quad (2)$$

Інтегруючи від  $\omega_{\max}$  до  $\omega_{\min}$  та від 0 до часу  $t_n$ , отримаємо

$$\frac{\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2}{2} = \frac{P_n}{H_j} t_n. \quad (3)$$

З рівняння (3) маємо, що

$$\omega_{\min} = \sqrt{\omega_{\max}^2 - \frac{2P_n}{H_j} t_n}. \quad (4)$$

Запас кінетичної енергії  $W_k$  маховика може бути знайдений з виразу

$$W_k = m_m \eta R_m^2 \omega_{\max}^2 (1 - \nu^2), \quad (5)$$

де  $m_m$  – маса маховика;  $\eta$  – коефіцієнт корисної установки;  $R_m$  – радіус маховика;  $\nu = \frac{\omega_{\min}}{\omega_{\max}}$ .

Допустиме перенавантаження двигуна  $P_{n_{\text{дон}}}$  визначається з співвідношення

$$100S \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min_{\text{дон}}}}{\omega_{\max}} \leq P_{n_{\text{дон}}} \leq \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\max}} S 100\%, \quad (6)$$

де  $S$  – статизм дизель-інерційної установки в відсотках.

Співвідношення (4), (5) та (6) дають підставу стверджувати, що зі зростанням  $t_n$  зменшується  $\omega_{\min}$  і якщо  $\omega_{\min} < \omega_{\min_{\text{дон}}}$  власний двигун установки гарантованого живлення не здатний забезпечити нормальну роботу установки.

Для з'ясування дійсного стану основного джерела живлення пропонується виходити з аналізу характеру перехідного процесу в системі електропостачання, яка містить у своєму складі установку гарантованого живлення, при відхиленні частоти та при зникненні напруги в колах основного джерела живлення. при зникненні напруги в колах основного джерела живлення починається розрядний цикл маховика і частота постійно знижується. При зменшенні частоти, пов'язаному зі зростанням навантаження, після початкового зменшення частоти стабі-

лізується, тобто швидкість її зміни, яка визначається похідною  $\frac{d\omega}{dt}$ , стає такою, що дорівнює нулю. таким чином, для визначення дійсного стану основного джерела живлення доцільно використовувати величину прискорення вала установки. для вимірювання прискорення пропонується використовувати фільтр, передатна функція якого, описується наступним співвідношенням

$$W(p) = \frac{k}{ap^3 + bp^2 + cp + 1}, \quad (7)$$

де  $k$  – коефіцієнт підсилення;  
 $a, b, c$  – постійні коефіцієнти.

Схема фільтра, що містить три послідовно з'єднані інтегруючі операційні підсилювачі, охоплені зворотніми зв'язками, наведена на рис. 1.

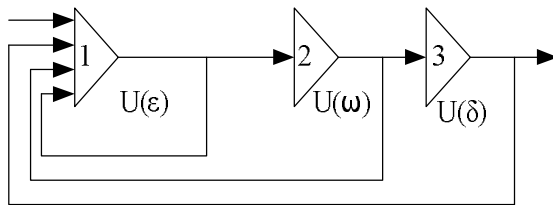


Рис. 1. Схема фільтра

Ланка, що описується виразом (7) має певну полосу пропускання, що визначається вибором значень коефіцієнтів  $a, b, c$ . Якщо сигнал на виході третього інтегруючого підсилювача пропорційний куту повороту вала  $\delta$ , то сигнал на його вході, тобто на виході другого інтегруючого підсилювача пропорційний кутовій частоті обертання вала  $\omega$ , а сигнал на вході другого інтегруючого підсилювача, тобто сигнал на виході першого інтегруючого підсилювача пропорційний прискоренню вала  $\varepsilon$ . Зменшення прискорення  $\varepsilon$  свідчить про те, що запуск власного двигуна не потрібен, а збільшення  $\varepsilon$  вимагає вми-

кання реле пуску установки гарантованого живлення. Крім сигналів  $U(\delta)$ ,  $U(\omega)$ ,  $U(\varepsilon)$  на вхід першого інтегруючого операційного підсилювача подається імпульсна послідовність  $U(\delta)$ , яка подається з виходу формувача імпульсів, на вхід якого подається синусоїдальна напруга. Імпульсна послідовність формується на виході формувача імпульсів в моменти переходу напруги через нульове значення в позитивному напівперіоді. При зменшенні частоти інтервал часу між моментами переходу напруги через нуль збільшується й кут  $\delta$  зростає.

## Висновки

1. В системах електропостачання, в складі яких є установки гарантованого живлення з інерційним накопичувачем електричної енергії і синхронною електричною машиною, для зменшення часу переведення системи з основного джерела живлення на резервне джерело необхідно своєчасно визначити дійсний стан основного джерела живлення.

2. Для визначення дійсного стану основного джерела живлення доцільно використовувати такий параметр системи як прискорення вала установки гарантованого живлення.

## Список літератури

1. *Електропостачання і електрообладнання військових об'єктів: підручн. Част. 1, 2 / В.Б. Голубко, Б.Т. Кононов, Б.Ф. Самойленко, М.І. Григоров. – МО України, 1998. – 357 с.*
2. *Поливанов К.М. Теоретические основы электротехники. Ч. первая / К.М. Поливанов. – М.: Энергия, 1969. – 352 с.*

Надійшла до редколегії 22.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський Університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДИЗЕЛЬ-ИНЕРЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ ГАРАНТИРОВАННОГО ПИТАНИЯ

Е.С. Лупандин, В.Н. Уваров

*В статье рассматриваются переходные процессы, связанные с изменением частоты производимой электрической энергии и исчезновением напряжения основного источника. Устанавливается связь между временем перевода системы на резервный источник питания и минимально допустимой угловой частотой вращения вала установки в разрядном цикле. Предлагается для определения действительного состояния основного источника питания использовать ускорение вала установки гарантированного питания.*

**Ключевые слова:** дизель-инерционная установка, установки гарантированного питания, синхронные электрические машины, угловая частота вращения вала.

## ELECTROMECHANICAL TRANSIENTS IN DIESEL-INERTIAL FACILITIES GUARANTEED POWER

E.S. Lupandin, V.N. Uvarov

*The article deals with transients associated with changes in frequency The produced electricity and the disappearance of the main voltage source. The connection between the time of transfer to the backup power source and the minimum allowable angular frequency of rotation can be installed in the discharge cycle. It is proposed to determine the actual status of the main power source used to accelerate the shaft installation guaranteed supply.*

**Keywords:** diesel inertial fitting, guaranteed supply, synchronous electric machines, angular speed of the shaft.