

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ

Цуплаков С.О., студент, serhii.tsyplakov.kita@donntu.edu.ua;

Шейна Г.О., к.т.н., ganna.sheina@donntu.edu.ua

ДонНТУ, Покровськ, Україна

Важливою проблемою енергетики є надійність роботи електроенергетичної системи (ЕЕС). Всі об'єкти ЕЕС мають характеризуватися комплексно, всіма властивостями надійності. Збереження безупинного працездатного стану протягом визначеного часу характеризує безвідмовність. Властивість об'єкта ЕЕС зберігати працездатність до настання критичного стану при встановленій системі технічного обслуговування визначає довговічність. Властивість об'єкта ЕЕС пристосуватися до попередження і виявлення причин виникнення відмов чи ушкоджень, до відновлення працездатності визначає ремонтнопридатність. Властивість об'єкта ЕЕС зберігати значення показників безвідмовності, довговічності і ремонтнопридатності – це збережездатність. Властивість системи безупинно зберігати стійкість протягом деякого періоду часу – це стійкоздатність. Властивість системи забезпечувати включення, відключення і зміну режиму роботи елементів за заданим алгоритмом – режимна керованість. Властивість системи протистояти великим збурюванням режиму, не допускати їх ланцюгового розвитку і масового відключення споживачів, не передбаченого алгоритмом роботи протиаварійної автоматики – живучість. Властивість об'єкта ЕЕС не створювати небезпеки для людей і навколишнього середовища у всіх можливих режимах роботи і аварійних ситуацій – безпека. Вони дозволяють оцінити аварійні режими, серед яких найбільша увага приділяється електромеханічним перехідним процесам. Вони, в свою чергу, пов'язані з обертальними електричними машинами (рис. 1).

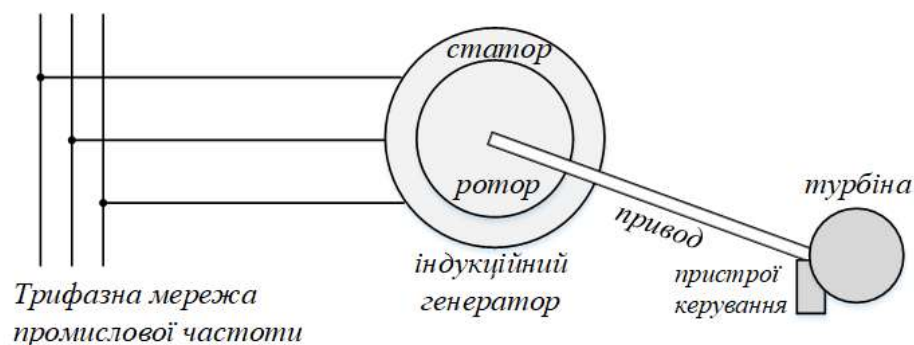


Рисунок 1. Еквівалентна схема

Аналіз електромагнітних та електромеханічних перехідних процесів в електричних машинах, що обертаються, базується на рівняннях рівноваги напруги, що визначаються в трифазній системі координат, яка нерухома й пов'язана з обмотками статора (рис. 2):

$$u_k + \frac{d\Psi_k}{dt} + r i_k = 0 \quad k = a, b, c \quad (1)$$

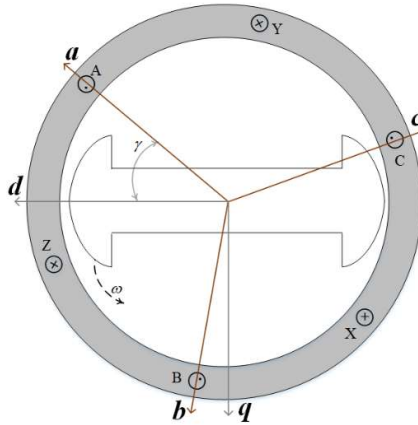


Рисунок 2. Система координат

Рівняння рівноваги (1) для статорних обмоток для спрощення аналізу процесів перетворюють у систему координат, яка прив'язану до ротору й обертається, та включає дві взаємно перпендикулярні осі:

$$\left. \begin{aligned} u_d + \frac{d\Psi_d}{dt} + \Psi_q \cdot \frac{d\gamma}{dt} + r \cdot i_d &= 0 \\ u_q + \frac{d\Psi_q}{dt} - \Psi_d \cdot \frac{d\gamma}{dt} + r \cdot i_q &= 0 \\ u_0 + \frac{d\Psi_0}{dt} + r \cdot i_0 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для обмотки збудження, яка розташовується на ротора:

$$u_f - \frac{d\Psi_f}{dt} - r \cdot i_f = 0 \quad (3)$$

Для обмоток демпферної системи, що визначаються масивом ротору:

$$\frac{d\Psi_{D_i}}{dt} + r \cdot i_{D_i} = 0 \quad i = 1, 2 \dots n \quad (4)$$

$$\frac{d\Psi_{Q_j}}{dt} + r \cdot i_{Q_j} = 0 \quad j = 1, 2 \dots m \quad (5)$$

Рівняння (1) – (5) доповнюють рівнянням руху ротора

$$M_T - M_{сл} = T_j \frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

Отримана система дозволяє визначити хід перехідних процесів. Як добре видно з рівняння (6), на перехідні процеси впливає частота. Вона є глобальним параметром ЕЕС. Недопустимим є її відхилення як в сторону зменшення, так і в сторону збільшення від номінального значення. Такі відхилення є наслідком нестачі, як генерації, так і споживання електроенергії. Тому застосовують пристрої автоматичного частотного регулювання.

Якщо звернутися до змінної частоти, то область застосування її дуже добре відома – системи керування двигунів. Реалізовуватися система перетворення частоти може двома принциповими схемами [1]: безпосередньою або з ланкою постійного струму (рис.3). Головним недоліком перетворювачів з ланкою постійного струму є подвійне перетворення енергії, яке спричиняє більші втрати потужності.

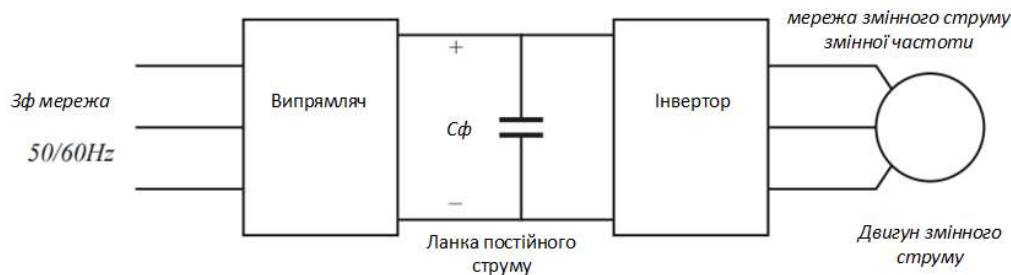


Рисунок 3. Схема регулювання частоти змінного струму

Широке застосування перетворювачів частоти з ланкою постійного струму пояснюється можливістю технічно реалізувати частоту напруги живлення двигунів як нижче, так і значно вище за частоту мережі живлення перетворювача. Крім того, простіше технічно реалізувати як однофазну, так і трифазну вихідну мережу в порівнянні з безпосереднім перетворювачем частоти. Аналіз електромагнітних та електромеханічних процесів як в тій частині схеми рис. 3, що живить схему перетворювача потужності, так і в тій, для якої реалізується змінна частота, виконується на базових рівняннях Парка – Горєва (1)–(6). В результаті можна оцінити систему керування і роботу електричних машин змінного струму.

Література

1. Fundamentals of Power Electronics R. W. Erickson. 1997. — 1326 с.

Анотація

В роботі представлений алгоритм аналізу процесів в електричних машинах, що обертаються. Розглянуто особливості застосування перетворювачів частоти безпосереднього типу або з ланкою постійного струму. Проаналізовано роботу перетворювача частоти з ланкою постійного струму. Приведений математичний апарат для аналізу систем керування і роботи електричних машин змінного струму.

Ключові слова: системи керування, електричні машини, перетворення частоти.

Abstract

The work presents an algorithm for the analysis of processes in rotating electric machines. The peculiarities of using frequency converters of the direct type or with a direct current link are considered. The operation of a frequency converter with a direct current link is analyzed. A mathematical apparatus for the analysis of control systems and operation of alternating current electric machines is presented.

Keywords: control systems, electric machines, frequency conversion.