

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ СЛУЧАЙНОМ РЕЖИМЕ ИЗМЕРЕНИЯ МОМЕНТА НА ВАЛУ

А.И. Багаев, С.В. Перепелица

Выбор мощности двигателя для рабочих машин определяется условиями его нагрева и перегрузочной способностью по моменту. Наиболее часто используются методы эквивалентных величин и средних потерь. Метод эквивалентных величин отличается простотой, а метод средних потерь большой точностью. Для каждого из этих методов существуют ограничения в использовании. При расчете силовой части электропривода со случайным режимом работы задача выбора мощности значительно усложняется. Если законы движения исполнительного органа и изменения статической нагрузки представлены стационарными случайными процессами, то оценка величин момента, мощности и потерь определяется их статистическими характеристиками. Если суммарный момент нагрузки на валу двигателя подчинен нормальному закону распределения, установлены величины математического ожидания и дисперсии, то по этим данным можно осуществить проверку двигателя по условиям нагрева и перегрузки.

Так как процесс изменения мощности на валу двигателя определяется частотой и моментом:

$$P(t) = \omega(t) \cdot \mu(t), \quad (1)$$

то дифференциальный закон распределения вероятностей развиваемой мощности

$$W(p) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\omega} W(\omega_1 \frac{p}{\omega}) d\omega - \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\omega} W(\omega_1 \frac{p}{\omega}) d\omega. \quad (2)$$

По закону распределения мощности и кривым изменения КПД определяется закон распределения потерь.

Математическое ожидание и дисперсия механической мощности на валу двигателя определяются при выполнении следующих условий:

предположения, что закон движения исполнительного $\varphi(t)$ органа является стационарным случайным процессом со спектральной плотностью $S_{\varphi}(\nu)$ и математическим ожиданием $E_{\varphi}(t)$;

закон изменения момента стохастической нагрузки на валу двигателя $\mu_c(t)$ – стационарный случайный процесс со спектральной плотностью $S_{\mu_c}(\nu)$ и математическим ожиданием $E_{\mu_c}(t)$.

Процессы движения исполнительного органа и изменений статического момента на его валу стационарно связаны – их взаимная спектральная плотность $S_{\varphi \mu_c}(j\nu)$.

Дисперсия механической мощности на валу электродвигателя:

$$D(p) = (J_d z_2 + J_H)^2 \int_{-\infty}^{\infty} T_1(\nu) d\nu + \int_{-\infty}^{\infty} T_2(\nu) d\nu + \int_{-\infty}^{\infty} T_3(\nu) d\nu + \int_{-\infty}^{\infty} T_4(\nu) d\nu - 2(J_d z_2 + J_H)^2 \int_{-\infty}^{\infty} T_2(\nu) d\nu + [E_{\mu_c}(t)]^2 \int_{-\infty}^{\infty} \nu^2 S_{\varphi}(\nu) d\nu. \quad (3)$$

Математическое ожидание механической мощности в функции заданных величин:

$$EP(t) = E\omega(t)[\mu_c^A(t) + \mu_{\delta}(t)] = E\omega(t)\mu_c^A(t) + E\omega(t)[\mu_c^A(t) - E_{\mu_c^A}(t)] + E\omega(t)\mu_{\delta}(t).$$

Если функция $\varphi(t)$ и процессы $\omega(t)$ и $\mu_{\delta}(t)$ коррелированы между собой, то первый и третий члены выражения соответственно равны нулю.

Тогда:

$$EP(t) = E\omega(t) \frac{1}{z} [\mu_c(t) - E_{\mu_c}(t)] = \frac{1}{z} R_{\omega \mu_c}(0). \quad (4)$$

Между взаимной корреляционной функцией процессов и их взаимной спектральной плотностью существует следующая связь:

$$R_{\omega \mu_c}(0) = \int_{-\infty}^{\infty} \text{Re} S_{\omega \mu_c}(j\nu) d\nu, \quad (5)$$

$$\text{следовательно, } EP(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \nu I_m S_{\omega \mu_c}(j\nu) d\nu, \quad (6)$$

физический смысл данного выражения заключается в том, что математическое ожидание процесса $EP(t)$ определяется только взаимной коррелированностью закона движения исполнительного органа $\varphi(t)$ и изменением момента статической нагрузки $\mu_c(t)$ и не зависит от математического ожидания этих функций.

Только наличие статической нагрузки, коррелированной с законом движения $\varphi(t)$ определяет $EP(t) \neq 0$.

Выражение (3) характеризует дисперсию процесса $P(t)$ или средний квадрат отклоне-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ СЛУЧАЙНОМ РЕЖИМЕ ИЗМЕРЕНИЯ МОМЕНТА НА ВАЛУ

ния мощности от ее математического ожидания.

Первое слагаемое характеризует динамическую мощность, т.е. расход энергии на перемещение ротора двигателя и исполнительного органа по заданному закону без статической перегрузки, т.е. определяется инерционными свойствами движущихся частей, передаточным числом редуктора и спектральной плотностью процесса $\varphi(t)$.

Второе, третье и четвертое слагаемые уравнения (3) - составляющие мощности, соответствующие центрированному значению статической нагрузки без учета инерционности движущихся частей. Эта составляющая мощности зависит от взаимной коррелированной функции $\varphi(t)$ и $\mu_c(t)$ и не зависит от силовой части. Пятая составляющая - мощность связи между статической и динамической нагрузкой.

Шестая составляющая определяет часть мощности, затрачиваемой на преодоление статической нагрузки, равной ее математическому ожиданию при скорости исполнительного (рабочего) органа, равной ее среднеквадратичному значению.

Рассмотренные выражения положены в основу анализа режимов конкретных приводов рабочих машин и механизмов.

В сельскохозяйственном производстве примерами машин, где нагрузка на валу главного привода изменяется по случайному закону, являются: дробилки кормов, дезинтеграторы, смесители, молотилки и т.д.

При приготовлении кормов наиболее часто используются универсальные дробилки и дробилки зерновых культур.

Мощность двигателей для привода дробилок изменяется в широком диапазоне от 0.6 до 300 кВт в зависимости от производительности, организации загрузки, вида измельчаемого материала.

Фрагмент нагрузочной диаграммы, т.е. фрагмент реализации случайной функции изменения мощности в реальном времени приведен на рис. 1.

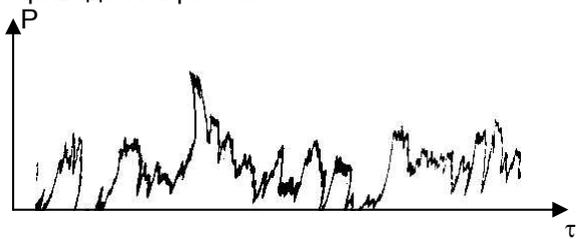


Рисунок 1 – Фрагмент нагрузочной диаграммы

На основании представленной реализации случайного процесса в результате математической обработки появляется возможность определить следующие характеристики случайного процесса: математическое ожидание, дисперсию, автокорреляционные и взаимокорреляционные функции, спектральную плотность. Эти характеристики не являются случайными.

На рис. 2 представлена корреляционная функция нагрузки дробилки ДКУ – М.

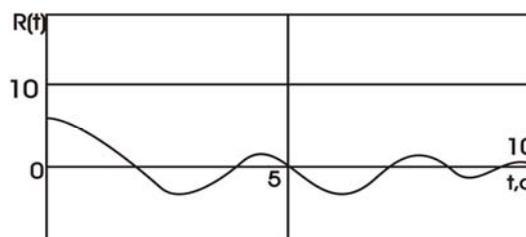


Рисунок 2 – Корреляционная функция нагрузочной диаграммы

Существующая связь между корреляционной функцией и спектральной плотностью позволяет определять и спектральную плотность (рис. 3).

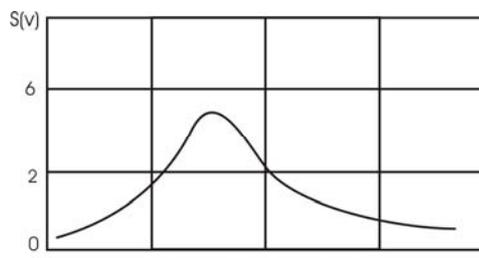


Рисунок 3 – Спектральная плотность нагрузочной диаграммы

Синтез силовой части системы автоматического регулирования режима работы дробилки по критерию максимума установленной мощности определяется следующими факторами:

а) закон движения исполнительного органа $\varphi(t)$ – стационарный случайный процесс, заданный спектральной плотностью $S_\varphi(v)$ и математическим ожиданием $E_\varphi(t)$;

б) закон изменения момента статической нагрузки на валу $\mu_c(t)$ задан спектральной плотностью $S_{\mu_c}(v)$ и математическим ожиданием $E_{\mu_c}(t)$;

в) функции $\varphi(t)$ и $\mu_c(t)$ являются стационарными и стационарно связанными;

г) момент инерции исполнительного органа $J_n = \text{const}$.

Расчет систем автоматического регулирования загрузки в целом определяется начальными данными характеристик случайного процесса и передаточными функциями элементов структурной схемы.

Использование персонального компьютера и программы виртуальных инструментов LABVIEW позволяет получить информацию с реального объекта в процессе его эксплуатации, математическую обработку массива информации и синтез системы выбора пара-

метров главного привода и систем автоматической загрузки рабочих машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. – М.: Энергия, 1980. – 928 с.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу, Под.ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
3. Башарин А.Д., Голубев Ф.Н., Кепперман В.Г. Примеры расчета автоматизированного электропривода. – Л.: Энергия, 1972. – 440 с.