

ДЕМПФИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Разработана система автоматического управления (САУ) приводными частотно-регулируемыми асинхронными двигателями конвейера, позволяющая демпфировать колебания скоростей и деформаций в конвейерной ленте. Эти колебания имеют волновой характер из-за распределённых по длине ленты с перемещаемым грузом её упруго-вязких параметров и массы ленты с перемещаемым грузом. Математическая модель упругой ленты конвейера представлена в виде последовательности элементарных масс с приведённым моментом инерции I_i , скоростью ω_i и вращающим моментом M_i . Массы соединены невесомыми упругими элементами с жёсткостью $c_{i,i+1}$ и вязкостью $b_{i,i+1}$. Упругие моменты $M_{y,i,i+1}$ приняты пропорциональными деформации упругого звена, а диссипативные моменты $M_{g,i,i+1}$ приняты пропорциональными скорости деформирования. Для i -той элементарной массы упругого звена составлено уравнение динамического равновесия на основе принципа Даламбера в операторной форме:

$$M_i + M_{y,i-1,i} - M_{y,i,i+1} + M_{g,i-1,i} - M_{g,i,i+1} = I_i p \omega_i \quad (1)$$

По уравнению (1) составляется система уравнений замкнутой последовательности i элементарных масс:

$$\omega_i [I_i p^2 + p(b_{i-1,i} + b_{i,i+1}) + c_{i-1,i} + c_{i,i+1}] - \omega_{i-1}(c_{i-1,i} + pb_{i-1,i}) - \omega_{i+1}(c_{i,i+1} + pb_{i,i+1}) = M_i p \quad (2)$$

Совместное решение системы уравнений (2) даёт выражение передаточной функции (ПФ) механической части конвейера, связывающее вращающие моменты M_i и M_K на концевых приводных барабанах и скорость ω_i i -той элементарной массы упругого звена посредством характеристического полинома X и полиномов Y_i и Z_i , определяющих «нули» ПФ:

$$\omega_i X = M_i Y_i + M_K Z_i \quad (3)$$

Вращающие моменты приводных асинхронных двигателей (АД), их скорости ω_i и ω_K и напряжения управления u_i и u_K преобразователя частоты (ПЧ) связаны в ПФ [1]:

$$u_{i(K)} U = \omega_{i(K)} F + M_{i(K)} N, \quad (4)$$

где $U = \beta K_n$, $F = \beta(T_1 p + 1)$, $N = (T_1 p + 1)(T_2 p + 1)$ (5)

В соотношениях (5) β – динамическая жёсткость линеаризованной механической характеристики АД, K_n – коэффициент усиления по каналу напряжения и частоты ПЧ, T_1 и T_2 – постоянные времени ПЧ и АД.

ПФ системы «ПЧ–АД–конвейер» получена в виде:

$$\omega_i \Psi = u_i D_i + u_K E_i, \quad (6)$$

где: $\Psi = F^2 Z_i Y_K - (NX + FY_i)(NX + FZ_K)$,

$$D_i = U(FY_K Z_i - NX Y_i - FZ_K Y_i), \quad E_i = U(FY_i Z_i - NX Z_i - FZ_i Y_i) \quad (7)$$

Для демпфирования волновых колебаний скоростей и деформаций в упругом звене конвейера разработана САУ частотно-регулируемыми двигателями, состоящая из двух двухконтурных изодромных регуляторов скорости АД. Во внешнем контуре регулирования на вход регулятора подаётся сумма задающего сигнала u_s и отрицательной обратной связи по скорости ω_S центрального звена ленты. Во внутреннем контуре на вход регулятора подаётся сигнал с выхода регулятора внешнего контура и обратная связь по скорости АД. При совместном решении ПФ для скоростей ω_i , ω_K , ω_S :

$$\omega_i \Psi = u_i D_i + u_K E_i, \quad \omega_K \Psi = u_i D_K + u_K E_K, \quad \omega_S \Psi = u_i D_S + u_K D_S \quad (8)$$

и ПФ САУ для двух систем ПЧ–АД:

$$u_i K = u_i Q + \omega_i G + \omega_S H, \quad u_K K = u_K Q + \omega_K G + \omega_S H \quad (9)$$

С учётом $D_i = E_K$ и $D_K = E_i$ получена ПФ для скорости ω_S при управляющем воздействии:

$$\omega_S [YQ + G(D_i + E_i) + 2HD_S] = u_s 2KD_S \quad (10)$$

После нормирования ПФ электропривода конвейера с САУ, изменения масштаба аргумента p в Ω_0 раз и приравнивания коэффициентов её характеристического уравнения соответствующим нормированным коэффициентам A_i получена система уравнений относительно параметров САУ. При задании значений A_i дающих равные и действительные полюсы ПФ получена САУ с максимальным быстродействием и минимальной колебательностью, обусловленной наличием «нулей» ПФ.

Литература.

1. Ключев В. И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.