



Рисунок 2 - Коэффициент передачи системы «вибросушилка на виброизоляторах типа ОВ 30-2-2» при установке ее на абсолютно жесткое основание и при наличии вязкого демпфирования в системе виброизоляции:  $P_2$  (var 1000...2000 кгс);  $C_2 = 24465$  кгс/см ( $f=20$  Гц,  $\omega = 125,6$  с<sup>-1</sup>);  $D_2 = 0,05$ .

Расчет, выполненный на основе вышеизложенных теоретических положений, показал, что система виброзащиты с виброизоляторами типа ОВ 30-1-1 уменьшает динамические нагрузки, передаваемые вибросушилкой на основание, в 2...3 раза и обеспечивает вибробезопасность аппаратчиков во всем нормируемом диапазоне частот.

УДК 62-83: 621.313.2

### ОСОБЕННОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ РЕГУЛИРУЕМЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**В.А. Соловьёв**

*Московский государственный текстильный университет  
им. А.Н. Косыгина*

Одним из направлений совершенствования производственного оборудования текстильной и легкой промышленности является повышение степени автоматизации управления осуществляемых на нем технологических операций и процессов. Вследствие этого в его электроприводе увеличивается доля регулируемых электроприводов малой мощности (до 1 кВт). При питании их силовой части от сети переменного тока, причем независимо от типа электродвигателя, используется выпрямитель с емкостным фильтром [1,2]. Потребляемый им ток несинусоидален и имеет форму импульсов [3], а коэффициент мощности электропривода без принятия мер по его коррекции не превышает 0,5 - 0,6 [1]. Это приводит к дополнительной

загрузке линий системы электроснабжения и увеличению мощности потерь в них, а также к возрастанию уровня генерируемых электроприводом электромагнитных помех, ухудшающих его электромагнитную совместимость и экологическую обстановку в производственных помещениях.

Коэффициент мощности при синусоидальном напряжении сети и несинусоидальном токе, потребляемом однофазным выпрямителем, определяется из выражения [3]

$$\lambda = \frac{P}{UI} = K_{\text{н}} \cos \varphi_1, \quad (1)$$

где  $U, I$  - действующие напряжение и ток;  $P = UI_1 \cos \varphi_1$  - активная мощность, потребляемая выпрямителем;  $I_1$  - действующее значение первой гармоники тока;  $K_{\text{н}} = I_1 / I$  - коэффициент искажения формы кривой потребляемого тока;  $\varphi_1$  - угол фазового сдвига первой гармоники потребляемого выпрямителем тока относительно напряжения сети.

Отсутствие в публикациях информации о характере влияния параметров фильтра и нагрузки на коэффициент мощности  $\lambda$  такого выпрямителя и его составляющие  $K_{\text{н}}$ ,  $\cos \varphi_1$ , позволяющей определить пути их повышения, затрудняет разработку способов и средств коррекции коэффициента мощности регулируемых электроприводов. Это объясняется тем, что исследуемый выпрямитель при относительно простой схеме представляет собой нелинейную систему с переменной структурой, аналитический анализ которой без значительных упрощений довольно сложен.

При решении поставленной задачи действительные формы кривых напряжений и токов определялись методом приспособывания, а их спектральный анализ осуществлялся при помощи быстрого преобразования Фурье в математической системе MathCAD. При этом принято, что нагрузка выпрямителя, т.е. полупроводниковый преобразователь электропривода с широтно-импульсной модуляцией, при частотах его коммутации более 5 - 10 кГц эквивалентна нелинейному резистору с постоянной потребляемой мощностью  $P_{\text{н}} = \text{const}$ . Ток в ней равен

$$i_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{u_{\text{с}}}, \quad (2)$$

где  $u_{\text{с}}$  - напряжение на конденсаторе фильтра.

Период повторяемости процессов в выпрямителе составляет половину периода сети, за время которого он поочередно принимает два состояния. В проводящем состоянии диодов с момента времени  $t_1$ , отсчитываемого от начала полупериода выпрямленного напряжения, на интервале  $t_1 \leq t \leq t_2$  нагрузка выпрямителя питается непосредственно от сети, и одновременно происходит заряд конденсатора фильтра. Зависимости от времени напряжения на конденсаторе фильтра  $u_{\text{с}}$  и потребляемого выпрямителем тока  $i_{\text{н}}$  на этом интервале имеют вид

$$u_{\text{с}} = U_{\text{м}} \sin \omega_{\text{с}} t, \quad (3)$$

$$i_{\text{н}} = \omega_{\text{с}} C_{\text{ф}} U_{\text{м}} \cos \omega_{\text{с}} t + \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{м}} \sin \omega_{\text{с}} t}, \quad (4)$$

где  $U_{\text{м}}$  - амплитуда напряжения сети;  $C_{\text{ф}}$  - емкость конденсатора фильтра выпрямителя;  $\omega_{\text{с}} = 2\pi f_{\text{с}}$  - угловая частота сети переменного тока;  $f_{\text{с}} = 1/T$  - частота сети переменного тока;  $T$  - период переменного тока.

Из (4) при  $i_{\text{н}} = 0$  получим время закрытия диодов выпрямителя

$$t_2 = \frac{T}{4} + \frac{\arcsin \frac{2P_H}{\omega_c C_{\Phi} U_m^2}}{2\omega_c} \quad (5)$$

С момента времени  $t = t_2$  питание нагрузки выпрямителя осуществляется от заряженного до напряжения  $u_c(t_2) = U_m \sin \omega_c t_2$  конденсатора фильтра. Его емкость должна выбираться из условия обеспечения на нагрузке напряжения, превышающего его минимально допустимое по техническим условиям значение  $U_{c \min}$ . Из уравнения баланса энергии конденсатора фильтра и нагрузки выпрямителя при  $P_H = \text{const}$  получим

$$C_{\Phi \min} \geq \frac{T \left( \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{U_{c \min}}{U_m} \right) P_H}{\pi (U_m^2 - U_{c \min}^2)} \quad (6)$$

Зависимость изменения напряжения на конденсаторе фильтра при его разряде на нагрузку может быть получена решением нелинейного дифференциального уравнения

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{P_H}{C_{\Phi}} \cdot \frac{1}{u_c} = 0 \quad (7)$$

Уравнение (7) и вытекающее из него трансцендентное уравнение для определения времени открытия диодов  $t_1$  не имеют аналитического решения, поэтому решаются численными методами. При исследовании выпрямителя значение  $C_{\Phi \min}$  выбиралось из условия обеспечения  $U_{c \min} = 0,5 U_m$ . Полученные данные показывают, что при увеличении емкости конденсатора с  $C_{\Phi \min}$  до  $5 C_{\Phi \min}$  коэффициент мощности выпрямителя изменяется в пределах  $0,6 > \lambda \geq 0,46$ , а его составляющие соответственно в пределах  $0,73 \geq K_{\lambda} \geq 0,48$  и  $0,81 \leq \cos \varphi_1 \leq 0,96$ . Из этого следует, что для повышения коэффициента мощности выпрямителя с емкостным фильтром при  $P_H = \text{const}$  необходимо, чтобы потребляемый им ток при возможно большей длительности за время полупериода имел форму, симметричную относительно оси, проходящей через вершину полусинусоиды напряжения питания. Приведенные выводы и данные положены в основу разработанных способов и средств повышения коэффициента мощности регулируемых электроприводов при питании их от однофазной сети переменного тока.

#### Список использованных источников

1. Частотно-регулируемый привод ВЭМЗ-СПЕКТР. - Каталог ООО «ВЭМЗ-СПЕКТР», 2006. - 42 с.
2. MICROMASTER 410/420/430/440. Стандартные преобразователи частоты от 120 Вт до 250 кВт. - Каталог DA 51.2 фирмы Siemens, 2004/2005, с.2/1-2/16.
3. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. - М.: Высшая школа, 1982. - 496 с.