



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 кг/с); $C_2 = 24465$ кг/с/см ($f=20$ Гц, $\omega = 125,6$ с⁻¹); $D_2 = 0,05$.

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]

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

где U, I - действующие напряжение и ток; $P = UI_1 \cos \varphi_1$ - активная мощность, потребляемая выпрямителем; I_1 - действующее значение первой гармоники тока; $K_{\text{И}} = I_1 / I$ - коэффициент искажения формы кривой потребляемого тока; φ_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 λ такого выпрямителя и его составляющие $K_{\text{И}}$, $\cos \varphi_1$, 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

$$i_{\text{Н}} = \frac{P_{\text{Н}}}{u_{\text{C}}}, \quad (2)$$

где u_{C} - 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_{C} и потребляемого выпрямителем тока $i_{\text{Н}}$ на этом интервале имеют вид

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

$$i_{\text{Н}} = \omega_{\text{C}} C_{\text{Ф}} U_{\text{м}} \cos \omega_{\text{C}} t + \frac{P_{\text{Н}}}{U_{\text{м}} \sin \omega_{\text{C}} t}, \quad (4)$$

где $U_{\text{м}}$ - амплитуда напряжения сети; $C_{\text{Ф}}$ - емкость конденсатора фильтра выпрямителя; $\omega_{\text{C}} = 2\pi f_{\text{C}}$ - угловая частота сети переменного тока; $f_{\text{C}} = 1/T$ - 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 $U_{c \min} = 0,5U_m$. 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 ёмкостным 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. Приведённые 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.