

УДК 621.313

А. Ф. Винаков, канд. техн. наук

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ТИРИСТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Аннотация. Рассматривается метод математического моделирования режимов квазичастотного управления электропривода с однофазным асинхронным двигателем при использовании маловентильных преобразователей частоты. Приводится упрощенная модель преобразователя частоты с использованием переключающей функции.

О. Ф. Вінаков, канд. техн. наук

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ТИРИСТОРНИМ КЕРУВАННЯМ

Анотація. Розглядається метод математичного моделювання режимів квазичастотного управління електроприводу з однофазним асинхронним двигуном при використанні маловентильних перетворювачів частоти. Приведена спрощена модель перетворювача частоти з використанням перемикаючої функції.

A. Vinakov, PhD

FEATURES SINGLE-PHASE SIMULATION MODES ASYNCHRONOUS MOTOR WITH THYRISTOR-CONTROLLED

Abstract. The method of mathematical design of the modes of kvazichastotnogo management of electromechanic is examined with a monophas asynchronous engine, at the use of malovolentel'nykh transformers of frequency. The simplified model of the frequency converter with use of switching function is resulted.

Одним из перспективных способов управления асинхронными однофазными конденсаторными двигателями (АОКД), позволяющим простыми средствами дискретно изменять значения скорости вниз от номинальной, является так называемое квазичастотное управление, реализуемое с помощью маловентильных преобразователей частоты с непосредственной связью (НПЧ). При таком управлении выходное напряжение НПЧ содержит, кроме основной гармонической составляющей заданной круговой частоты ω , также и высшие гармонические, состав которых в значительной степени зависит от принятых способов формирования напряжения.

Анализ динамических и энергетических показателей такого электропривода целесообразно проводить с использованием математического моделирования системы НПЧ – АОКД. Один из вариантов модели рассматривается в настоящей работе.

На рис.1 показана схема простейшего тиристорного НПЧ, позволяющего реализовать квазичастотное управление подключенным к нему АОКД [1]. Двигатель подключается к сети каждый полупериод. При этом

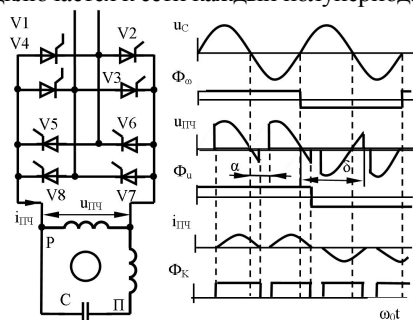


Рис.1. Принципиальная схема

положительные импульсы выходного тока $i_{ПЧ}$ формируются тиристорным мостом $V1 \dots V4$, а отрицательные – мостом $V5 \dots V8$. Величины выходных токов и напряжений регулируются путем изменения угла открывания тиристоров α . Примерные временные диаграммы тока $i_{ПЧ}$ и напряжения $u_{ПЧ}$ при таком способе управления показаны на рис.2. Эти диаграммы соответствуют случаю, когда частота ω_n основной гармоники выходного напряжения НПЧ вдвое меньше частоты сети ω_0 . Аналогичный характер изменения токов и напряжений сохраняется и при других значениях ω_n , меньших ω_0 в 3,4,... раз. В [1] и [3] приведены результаты экспериментальных исследований работы АОКД при квазичастотном управлении, а в данной работе приводится упрощенная модель НПЧ.

Из приведенных диаграмм видно, что в зависимости от состояния тиристоров возможны две ситуации. Первая – двигатель подключен к сети через открытые тиристоры, вторая – двигатель отключен от сети (все тиристоры закрыты). Поэтому в случае, когда нет необходимости в изучении процессов в самом преобразователе, НПЧ может моделироваться упрощенно в виде ключа, подключающего двигатель к сети. Состояние ключа удобно идентифицировать с помощью переключающей (коммутационной) функции $\Phi_k(t)$ принимающей единичное значение при открытых тиристорах (ключ замкнут) и нулевое значение – при закрытых тиристорах (ключ разомкнут). Расчет токов и напряжений, а также момента и скорости двигателя в переходных режимах осуществляется на компьютере путем численного интегрирования дифференциальных уравнений электропривода одним из известных численных методов [3]. Учет насыщения машины осуществляется с помощью функции $L_m(i_m)$ определяемой по кривой намагничивания машины [2].

Таким образом, для расчета процессов в двигате-

Рис.2. Временные диаграммы

ле достаточно на каждом шаге численного интегрирования определить, подключен ли двигатель к сети, а также рассчитать значение напряжения $u_{пч}$. Это напряжение представляет собой отрезки синусоиды и может быть представлено

$$u_{i_x} = \hat{O}_u(t) U_{mc} \sin \delta, \quad (1)$$

где $\Phi_u(t)$ – переключающая функция, которая принимает значения ± 1 ; U_{mc} – амплитуда напряжения сети; δ – угол, отсчитываемый от начала очередного отрезка синусоиды выходного напряжения $u_{пч}$ (рис.2). Текущее значение угла δ может быть определено с использованием операции вычисления остатка от деления. Расчёт угла δ осуществляется по соотношениям

$$\delta = \begin{cases} \theta \cdot \forall[(\theta \geq \alpha) \vee (i_{i_x} = 0)] \\ \theta + \pi \cdot \forall[(\theta < \alpha) \wedge (i_{i_x} \neq 0)] \end{cases}, \quad (2)$$

где $\theta = R[(\omega_0 t + \varphi_c) / \pi]$ – угол, отсчитываемый от начала очередной полуволны напряжения сети; φ_c – начальный фазовый сдвиг напряжения сети относительно начала отсчета времени t ; $R[\cdot]$ – функция вычисления остатка от деления.

Частота ω_n основной гармоники выходного напряжения НПЧ может быть задана с помощью переключающей функции $\Phi_\omega(t)$, знак которой соответствует знаку синусоидальной функции

$$\hat{O}_\omega(t) = \text{sign}[\sin(\omega_n t + \varphi_\omega)]. \quad (3)$$

Рассмотрим теперь алгоритм моделирования ключа, характеризующего состояние тиристоров НПЧ. Для этого прежде всего определим порядок вычисления переключающей функции Φ_u . При $\alpha \leq \delta \leq \pi$ знак функции Φ_u совпадает со знаком функции Φ_ω :

$$\hat{O}_u(t) = \text{sign}[\sin(\omega_n t + \varphi_\omega)] \cdot \forall(\alpha \leq \delta \leq \pi). \quad (4)$$

Если $\delta < \alpha$, то функция Φ_u сохраняет свой знак на время существования тока.

Рассмотрим теперь порядок вычисления переключающей функции Φ_k , характеризующей, как уже отмечалось, состояние ключа. При $\delta < \alpha$ и $i_{пч} = 0$ двигатель отключен от сети, $\Phi_k = 0$. В момент времени, характеризующийся равенством углов δ и α (начало отсчета угла α совпадает с началом отсчета угла δ), происходит открывание тиристоров и функция Φ_k принимает единичное значение. При $\alpha < \delta \leq \pi$ открытое состояние тиристоров сохраняется до тех пор, пока знак тока $i_{пч}$ совпадает со знаком напряжения $u_{пч}$. Следовательно, условие сохранения открытого состояния тиристоров можно записать в виде

$$u_{i_x} \cdot i_{i_x} > 0 \cdot \forall(\alpha < \delta \leq \pi). \quad (5)$$

При изменении знака тока тиристоры закрываются и двигатель отключается от сети. В зависимости от параметров двигателя и значений α и ω_n закрывание тиристоров может произойти как при $\delta \leq \pi$, так и при $\delta > \pi$. В последнем случае, т. е. при $\delta > \pi$, $u_{пч}$ меняет знак, и двигатель остается подключенным к сети до тех пор, пока выполняется условие $u_{пч} \cdot i_{пч} < 0$. Когда нарушается это условие, двигатель отключается от сети ($\Phi_k = 0$).

Описанный алгоритм расчета выходного напряжения НПЧ на каждом шаге численного интегрирования удобно реализовать в виде отдельной подпрограммы. Входными данными для рассматриваемой подпрограммы являются текущее значение угла α , формируемое вне рассматриваемой здесь модели системы управления, и текущее значение тока $i_{пч}$, определяемое в описанной модели АОКД [3]. Кроме того, в виде исходных данных заранее задаются значения ω_n , U_{mc} , φ_c , φ_ω , а также способ управления.

С помощью данной модели можно исследовать динамические режимы пуска, перехода с одной частоты коммутации на другую как с постоянным, так и переменным углом α . Кроме того, можно исследовать механические и электромеханические характеристики электропривода (квазиустановившийся процесс), что очень важно для сравнения различных способов управления АОКД.

Сравнение осциллограмм, полученных экспериментальным путем, с результатами моделирования как квазиустановившихся так и переходных режимов работы АОКД показывает хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных.

Список использованной литературы

1. Винаков А.Ф. Особенности схем частотно-импульсного управления асинхронным однофазным двигателем / А.Ф.Винаков, С.П.Сомлев // *Электромашиностр. и электрооборуд.* – 1982. – Вып.34. – С.47 – 49.
2. Моделирование асинхронных электроприводов с тиристорным управлением / Л.П. Петров, В.А. Ладензон, Р.Г. Подзолов, А.В. Яковлев. – М.: Энергия, 1977. – 200 с.
3. Петров Л.П. Моделирование режимов квазичастотного управления электропривода с однофазным асинхронным двигателем / Л.П.Петров, А.Ф.Винаков, П.Э.Херунцев // *Техн. электродин.* – 1984. - №3. – С.64 – 67.

Получено 12.07.2011



Винаков
 Александр Федорович,
 канд. техн. наук, доц. каф.
 теоретич. основ и общ. эл. техники
 Одесск. нац. политехн. ун-та,
 65044, г.Одесса, пр.Шевченко1,
 048-7348-512