

ветствующим выбором их состава, толщины, напряженности магнитного поля и т. д.

С целью уменьшения погрешности квантования в конструкции П, изображенного на рис. 3а, клинообразные шины 3 образованы радиальными перемычками между секторными вырезами проводящего круга 6 и соединены между собой последовательно, а пленки-пятна 4, равномерно распределенные вдоль осей симметрии каждой клинообразной шины, распределены вокруг центра круга по спирали, что позволяет увеличить плотность распределения пленок-пятен вдоль пути распространения магнитного поля преобразуемого тока и уменьшить погрешность квантования. Съемные витки 5 всех клинообразных шин соединены между собой последовательно—согласно и подключены к выходу 7 П. Преобразуемый переменный ток, подводимый ко входным зажимам 1, здесь также равномерно распределяется по поперечным сечениям клинообразных шин. Напряженность магнитного поля этого тока на поверхности клинообразных шин в один и тот же момент времени уменьшается от центра круга к его периферии. Поэтому поочередное переключение пятен происходит здесь не вдоль одной клинообразной шины, а вдоль спирали, начиная с центра круга. Значение угла  $\alpha$  при вершинах клинов (рис. 3б) выбирается по заданному диапазону преобразования, а число  $M$  клинообразных шин и радиальное смещение  $\delta$  между соседними вдоль спирали пятнами — по требуемому значению ошибки квантования. При диаметре круга 0,08 м, значениях  $M = 8$ ,  $\delta = 0,0625$  мм и вышеприведенных значениях параметров пленок погрешность квантования в этом П не превышает 2,0 мА.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 976392 СССР. Преобразователь амплитуды переменного тока в импульсный сигнал / В. М. Мамиконян, С. О. Варданян (СССР).— № 3281367/18—21; Заяв. 19.03.81; Опубл. 23.11.82. Бюл. № 43.
2. Разик Г. И., Щелкин А. П. Бесконтактное измерение электрических токов.— М.: Атомиздат, 1974.— 160 с.

Лен. фил. ЕрПИ им. К. Маркса

25. I. 1989

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 4, 1990, с. 197—200

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.313.333

Г. К. САФАРЯН

### ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННЫХ ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрены динамические свойства асинхронных индукторных двигателей при асимметрии питающего напряжения. Определены влияния различных степеней асимметрии напряжения питания на переходные процессы машины.

Ил. 2. Библиогр.: 2 назв.

Գրասրահված են ասինխրոն ինդուկտորային շարժիչների զինամիջուկան հատկանիշները սնող շարժան անհամաչափության դեպքում: Որոշված են սնող շարժան անհամաչափության տարրեր ստորհասկների ազդեցությունը մեքենայի անցողիկ պրոցեսների վրա:

Асинхронные индукторные двигатели (АИД) относятся к классу машин с электромагнитной редукцией скорости вращения и находят широкое применение в низкоскоростном регулируемом электроприводе. Принцип действия таких машин основан на использовании в качестве рабочего поля зубцовых гармоник, обусловленных зубчатостью воздушного зазора. У АИД первичная и вторичная обмотки расположены в пазах статора, а ротор зубчатый, необмотанный и выполняет роль модулятора магнитного поля. Электромагнитная связь между первичной и вторичной обмотками осуществляется за счет изменения взаимной индуктивности между обмотками при перемещении относительно них

зубчатого ротора. При работе машины концы вторичной обмотки включаются на емкостное сопротивление для компенсации большого индуктивного сопротивления вторичной обмотки и для получения больших пусковых моментов.

На рис. 1 показана принципиальная схема включения обмоток АИД. При выборе числа зубцов ротора по формуле

$$N_p = N_c \pm p_1 \pm p_2,$$

где  $N_c$  — число зубцов статора, из создаваемого первичной обмоткой статора 1 поля вследствие зубчатости статора и ротора выделяется

гармоника магнитного поля, имеющая число пар полюсов вторичной обмотки  $p_2$  и устанавливающая связь между первичной и вторичной 2 обмотками. При этом ротор 3 будет вращаться со скоростью

$$\omega_{\text{сп}} = 60f_1(1 - S) \cdot X_p. \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, что ротор вращается с намного меньшей скоростью, чем в обычных асинхронных двигателях.

При эксплуатации АИД в системах автоматизированного электропривода часто возникает нарушение симметрии питания. Для исследования динамических свойств АИД в момент пуска, реверса и торможения при асимметрии питающего напряжения используются дифференциальные уравнения, описывающие электромеханические переходные процессы в АИД, с учетом составляющих прямой и обратной последовательности в уравнениях [1, 2]. Электромагнитный переходной момент АИД при асимметрии питающего напряжения записывается

$$m_s = m_{s(1)} + m_{s(2)} + m_{s(1,2)} + m_{s(2,1)}, \quad (2)$$

где  $m_{s(1)}$  и  $m_{s(2)}$  — моменты токов прямой и обратной последовательностей,  $m_{s(1,2)}$  и  $m_{s(2,1)}$  — моменты, образуемые от взаимодействия токов вторичной обмотки прямой последовательности с обратным полем первичной обмотки и токов вторичной обмотки обратной последовательности с прямым полем первичной обмотки.

Анализ уравнений и физической картины явлений в АИД и обычном асинхронном двигателе в переходных режимах при асимметрии питания показывает аналогичность уравнений и физических явлений. Решением дифференциальных уравнений на ЭВМ определено влияние различных степеней асимметрии напряжения питания на переходные процессы АИД. На рис. 2 приведены расчетные кривые пуска АИД, имеющего следующие данные:  $P_n = 3 \text{ Вт}$ ,  $n_n = 1200 \text{ об/мин}$ ,  $M_n = 0,24 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_n = 2,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Степень симметрии напряжений оценивалась коэффициентом  $K_n = U_{1об} / U_{1пр}$  и различием напряжений обратного следования:

$$\bar{U}_{1об} = K_n (\pm U_{1об} \pm \gamma U_{1об}).$$

Так как в синхронно-вращающейся системе координат  $X, Y$  напряжение питания прямой последовательности в относительных единицах равно

$$U_{1пр} = U_{x1пр} + \gamma U_{y1пр} = \cos \alpha + j \sin \alpha, \quad (3)$$

где  $\alpha$  — начальная фаза питающего напряжения, то напряжение обратной последовательности в координатной системе  $X, Y$  имеет вид

$$U_{1об} = K_n (\pm \cos \alpha \mp \sin \alpha). \quad (4)$$

Характер переходного процесса во многом зависит от момента включения. Анализ показывает, что наиболее благоприятный режим получается при  $U_{1об} = K_n (-\cos \alpha + \sin \alpha)$ .

Сравнивая кривые пуска двигателя при симметричном и несимметричном напряжениях питания, следует отметить увеличение максимального значения отрицательного момента и увеличение превышения скорости вращения в случае асимметрии напряжения. При этом увеличение  $K_n$  от 0,4 до 0,8 приводит к снижению максимальных значений момента в 4 раза и увеличению лишь в 2 раза амплитуды пульсации момента в конце переходного процесса. Увеличение степени асимметрии на 80% приводит к увеличению времени пуска лишь в 1,8 раза.

Анализ влияния степени асимметрии питающего напряжения на динамические показатели пуска обычных асинхронных двигателей серий 4А с в.о.в. 45—63 мм показывает, что увеличение коэффициента  $K_n$  до 0,8 приводит к увеличению времени пуска в 2,5 раза. При этом ударный момент снижается лишь в 2 раза. Резко увеличиваются пуль-



сагии момента в начале переходного процесса и скорости в конце процесса.

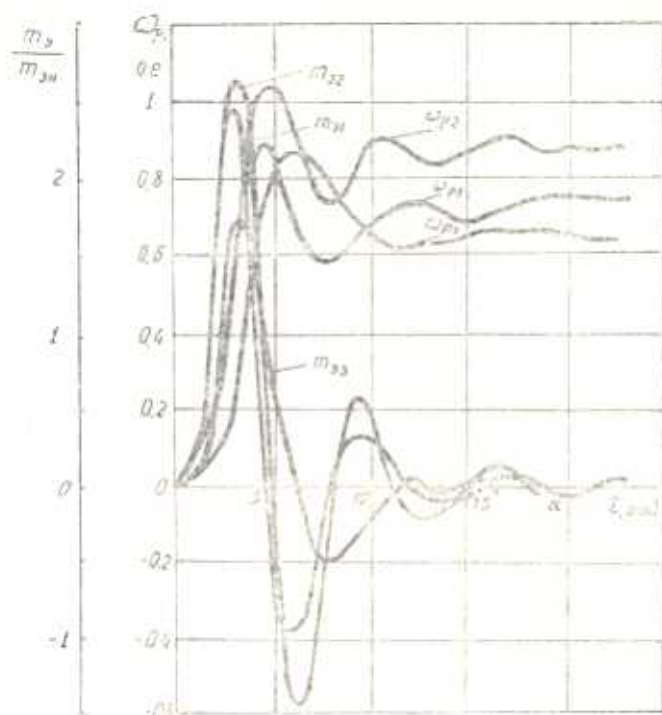


Рис. 2. Динамические характеристики пуска АИД при асимметрии питающего напряжения:  $m_{21}$  — симметрия питающего напряжения,  $m_{22}$ ,  $m_{23}$  — асимметрия питающего напряжения при  $C_{100} = 0.4(\cos \alpha - \sin \alpha)$  и  $U_{100} = -0.4(-\cos \alpha + \sin \alpha)$ .

Сравнительный анализ динамических показателей АИД и обычных асинхронных двигателей при асимметрии напряжения питания показывает, что отрицательное влияние  $K_u$  на динамические показатели ослабляется. Исследуемые двигатели выгодно применять в широкорегулируемом электроприводе, работающем в основном в переходных режимах и в системах автоматического регулирования, где при управлении от статических преобразователей и регуляторов возникает нарушение симметрии питания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кисик П. Ю., Сафарин Г. К. Исследование переходных процессов асинхронных индукторных двигателей // Изв. вузов СССР. Электромеханика. — 1984. — № 1. — С. 61—66.
2. Копылов И. П., Мамедов Ф. А., Беспалов В. Я. Математическое моделирование асинхронных машин. — М.: Энергия, 1960. — 97 с.