

личной мощности. Исследования проводились при различном моменте инерции электропривода и различной нагрузке на валу.

Экспериментальные исследования подтвердили правильность применяемых математических моделей для исследования переходных процессов в электродвигателях с тормозными устройствами.

#### Л и т е р а т у р а

1. Александров, М. П. Тормозные устройства / М. П. Александров, А. Г. Лысяков. – М. : Машиностроение, 1985. – 312 с.
2. Соленков, В. В. Асинхронный электродвигатель со встроенным комбинированным тормозным устройством на базе электромеханического тормоза и электромагнитной муфты / В. В. Соленков, В. В. Брель // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2011 – № 6. – С. 20–26.

УДК 621.313

### МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ В ТРЕХФАЗНОМ АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

В. В. Логвин, В. В. Брель, И. В. Свиридович

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Рассмотрен ряд возможных методов моделирования автоколебательных процессов с использованием асинхронного двигателя и определены наиболее соответствующие реальным процессам.*

**Ключевые слова:** автоколебательный режим, асинхронный электродвигатель, максимальный момент.

### MODELING OF SELF-OSCILLATING MODES IN A THREE-PHASE ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

V. V. Logvin, V. V. Brel, I. V. Sviridovich

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*In this paper, a number of possible methods for modeling auto-oscillatory processes using an asynchronous motor are considered and the most appropriate for real processes are determined.*

**Keywords:** self-oscillating mode, asynchronous electric motor, maximum torque.

Наиболее распространенным электроприводом возвратно-вращательного движения является электропривод вращательного движения, в котором используются либо механические преобразователи (редукторы), либо переключатели полярности или фазы напряжения питания электродвигателя для реверсирования направления вращения.

Использование редукторов ведет к потерям до 30 % мощности приводного электродвигателя, а применение переключателей приводит к жесткому реверсу, сопровождающемуся электрическими и механическими ударами, что снижает долговечность электропривода и рабочей машины в целом, а также ухудшает качество технологического процесса.

Отсюда ясна актуальность создания безредукторного электропривода возвратно-вращательного движения с мягким реверсом.

Предлагается принцип построения колебательного электропривода, основанный на обеспечении условий возникновения устойчивого автоколебательного режима работы его силового электромеханического узла «асинхронный электродвигатель – упругий элемент».

В таком варианте автоколебательный электропривод чрезвычайно просто исполняется, поскольку для его реализации достаточно подключить обмотки общепромышленного асинхронного электродвигателя (АД) к однофазной электросети, а на валу разместить пружину или маятник (дисбаланс).

Пересоединение обмоток общепромышленного трехфазного асинхронного электродвигателя для подключения к однофазной электрической цепи с целью перевода его в однофазный режим работы и замена механической пружины маятником, имитирующим «упругость», позволят предельно упростить реализацию и повысить надежность автоколебательных систем. В таблице представлены схемы электропитания статорных обмоток.

**Схемы электропитания статорных обмоток асинхронного электродвигателя в автоколебательном режиме**

Соединение звезда			Соединение треугольником		
Схема подключения	Векторная диаграмма МДС	Относ. МДС, $F_0/F_\Phi$	Схема подключения	Векторная диаграмма МДС	Относ. МДС, $F_0/F_\Phi$
		2			2
		2			2

Уравнение механической характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя при подключении к трехфазной электрической сети согласно формуле Клосса можно записать в виде:

$$M_{эм} = \frac{2M_{кр}(1 + \alpha S_{кр})}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} + 2\alpha \cdot S_{кр}},$$

где  $M_{эм}$  – электромагнитный момент, развиваемый электродвигателем;  $S$  – относительное скольжение;  $\alpha = r_1/r_2'(1 + x_1/x_m)$  – относительное активное сопротивление

статорной цепи;  $M_{кр} = \frac{3pU_{\phi}^2}{2\omega_1 \left(1 + \frac{x_1}{x_m}\right) \left[ r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left[ x_1 + x'_2 \left(1 + \frac{x_1}{x_m}\right) \right]^2} \right]}$  – критический (максимальный) момент;  $S_{кр} = \frac{r'_2 \left(1 + \frac{x_1}{x_m}\right)}{\sqrt{r_1^2 + \left[ x_1 + x'_2 \left(1 + \frac{x_1}{x_m}\right) \right]^2}}$  – критическое скольжение;  $r_1, x_1, r'_2, x'_2, x_m$  – параметры схемы замещения АД;  $p$  – число пар полюсов;  $\omega_1$  – угловая частота напряжения сети электропитания;  $U_{\phi}$  – действующее значение падения напряжения на фазной обмотке статора.

В трехфазных АД, включенных в однофазную сеть по представленным схемам, возникает пульсирующее магнитное поле, которое может быть разложено на два противоположно вращающихся круговых поля с вдвое меньшей амплитудой, чем пульсирующее.

Каждое из этих полей будет создавать электромагнитные моменты (определяемые выражением  $M_{эм}$ ), но в  $k$  раз меньшие.

Значение  $k$  определяется схемой включения обмоток и величиной тока в них. Если напряжение электропитания таково, что в установившемся автоколебательном режиме по обмоткам протекает номинальный (паспортный) ток статора АД, то

$$k = \left( \frac{1}{2} \frac{F_0}{F_{\phi}} : \frac{F_m}{F_{\phi}} \right)^2 = \frac{1}{9} (F_0 / F_{\phi})^2,$$

где  $F_0 / F_{\phi}, F_m / F_{\phi} = 1,5$  – относительные модули суммарных пространственных векторов МДС при однофазном и трехфазном включении АД.

Для представленных схем с наилучшим использованием электродвигателя  $k = \frac{1}{9} (2)^2 = \frac{4}{9}$ .

Итак, уравнение механической характеристики однофазного включения АД будет иметь вид:

$$M_{эм} = 2kM_{кр} (1 + \alpha S_{кр}) \left[ \frac{1}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} + 2\alpha S_{кр}} - \frac{1}{\frac{2-S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{2-S} + 2\alpha S_{кр}} \right].$$

С целью оценки точности различных аппроксимаций, были рассчитаны механические характеристики АД с повышенным и пониженным критическим скольжением.

Наилучшее совпадение с характеристикой Клосса дают аппроксимации, фиксирующие координаты точки холостого хода, а во втором – аппроксимация, фиксирующая координаты критической точки.

УДК 681.518.54:621.396.963.32

## ПЕРЕДАЮЩАЯ АНТЕННА НА СОЛЕНОИДЕ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ РАДИОСИГНАЛА ИЗ НЕФТЕПРОВОДНОЙ ТРУБЫ

В. В. Щуплов, С. Н. Кухаренко, Н. А. Красовская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

*Дан сравнительный анализ вариантов числа обмоток соленоида, используемого в качестве низкочастотной антенны, для формирования максимального внешнего магнитного поля катушки.*

**Ключевые слова:** передающая антенна, многослойный соленоид, внешнее магнитное поле катушки.

## TRANSMITTING ANTENNA ON A SOLENOID FOR TRANSMITTING A RADIO SIGNAL FROM AN OIL PIPELINE PIPE

V. V. Schuplov, S. M. Kukharenka, N. A. Krasouskaya

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

*Comparative analysis of variants of the number of coils of a solenoid used as a low-frequency antenna for summing the maximum external magnetic field of the coil.*

**Keywords:** transmitting antenna, multilayer solenoid, external magnetic field of the coil.

Передающая антенна должна формировать в пространстве переменное магнитное поле, однозначно связанное с информационным радиосигналом.

В качестве передающей антенны рассмотрим многослойный соленоид (многослойную катушку индуктивности).

Так как внешнее магнитное поле катушки определяется полем внутри катушки, то необходимо добиться максимального поля внутри катушки при заданных ее геометрических размерах и для заданного источника сигнала.

Напряженность магнитного поля в центре ( $z = 0$ ) многослойной катушки (рис. 1) длиной  $2b$ , состоящей из  $N_1$  слоев по  $N_2$  витков в каждом, и тока  $I$  через нее определяется выражением [1]:

$$H_{z=0} = \frac{N_1 N_2 I}{2(a_2 - a_1)} \ln \frac{a_2 + \sqrt{a_2^2 + b^2}}{a_1 + \sqrt{a_1^2 + b^2}}.$$

Поле на торце катушки ( $z = b$ ) равно

$$H_{z=b} = \frac{N_1 N_2 I}{2(a_2 - a_1)} \ln \frac{a_2 + \sqrt{a_2^2 + 4b^2}}{a_1 + \sqrt{a_1^2 + 4b^2}}.$$

То есть общее число витков в катушке  $W = N_1 N_2$ .

Как видно из формул, магнитное поле катушки определяется только ампер-витками  $AW = IW$  и геометрическими размерами катушки  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $2b$ .