

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ВОРОНЕЖСКИЙ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТРУДЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ ШКОЛЫ-КОНФЕРЕНЦИИ**

**ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

•

**HIGH TECHNOLOGY OF ENERGY SAVING**

**ВТЭС • 2005 • HTES  
8-9 декабря 2005 г.**

**Воронеж**

<i>Ладанов А.С. (Россия). Электромагнитная совместимость автономных инверторов тока и напряжения с питающей сетью.....</i>	<i>50</i>
<i>Ладанов А.С. (Россия). Энергосберегающие выпрямители с улучшенной электромагнитной совместимостью.....</i>	<i>51</i>
<i>Лесных М.А. (Россия), Савинов И.О. (Россия), Шалимов Ю.Н. (Россия), Бэгаматов Б.К. (Таджикистан). Ресурсосберегающие технологии в энергетике.....</i>	<i>53</i>
<i>Лесных М.А. (Россия), Шалимов Ю.Н. (Россия), Холов Ш.Р. (Таджикистан). Система управления режимами газогенератора на базе персонального компьютера.....</i>	<i>54</i>
<i>Лоскутов И.В. (Россия), Мелихов А.Ю. (Россия). Анализ методов идентификации параметров асинхронных двигателей.....</i>	<i>55</i>
<i>Лядов Ю.С. (Россия), Зайцев А.И. (Россия), Нгуен Тхи Минь Чанг (Вьетнам). Анализ установившихся процессов в трехфазном трансформаторе.....</i>	<i>57</i>
<i>Лядов Ю.С. (Россия), Зайцев А.И. (Россия), Нгуен Динь Хоа (Вьетнам). Влияние емкостных токов на трехфазную систему электроснабжения.....</i>	<i>59</i>
<i>Мелихов А.Ю. (Россия), Натзаои А. (Франция). Проблемы анализа переходных процессов в асинхронных двигателях в режимах пуска с источником синусоидального напряжения бесконечной мощности.....</i>	<i>60</i>
<i>Моргун С.М. (Россия), Семернин Д.Ю. (Россия), Богатырев Н.И. (Россия). Индукционный проточный нагреватель с трехслойным магнитопроводом.....</i>	<i>62</i>
<i>Низовой А.Н. (Россия), Акрам Хамид (Ирак). Экономическая целесообразность выравнивания графика нагрузки бытовых потребителей.....</i>	<i>64</i>
<i>Обух О.А. (Россия). Технические требования к электроприводу вращателя бурового станка.....</i>	<i>65</i>
<i>Озерной Н.А. (Россия), Майоршин А.Н. (Россия). Энергосберегающие технологии на основе применения вихревых теплогенераторов.....</i>	<i>66</i>
<i>Пархоменко Г.А. (Россия), Ткачук В.Н. (Россия), Чумак В.В. (Украина). О порядке конструирования электрической машины.....</i>	<i>66</i>
<i>Пархоменко Г.А. (Россия), Тертышникова В.Е. (Россия), Луценко Е.В. (Россия). Частотный пуск синхронных двигателей.....</i>	<i>68</i>
<i>Пахомов А.В. (Россия), Шагинян Т.С. (Россия). Информационная модель состояния систем энергообеспечения объектов.....</i>	<i>70</i>
<i>Пелипенко В.В. (Россия), Нюхин Р.О. (Россия), Рыжакова Е.А. (Украина). Оценка вариантов длительного хранения рао на АЭС.....</i>	<i>71</i>
<i>Перцев Ю.А. (Россия), Шагинян Т.С. (Армения). Энергосберегающие технологии изготовления микроэлектродвигателей постоянного тока.....</i>	<i>72</i>
<i>Платонов Б.А. (Россия), Птицын С.В. (Россия), Бурковский В.Л. (Россия). Модели прогнозирования регионального газопотребления на основе кривых сезонных колебаний.....</i>	<i>73</i>
<i>Поваляев В.А. (Россия), Романов В.В. (Россия), Бурковский В.Л. (Россия). Безредукторный электропривод поступательного движения.....</i>	<i>74</i>

- к резкому снижению качества питающего напряжения на шинах трансформатора по гармоническому составу;
- к сбоям в работе электронного оборудования, и как следствие, к их преждевременному выходу из строя;
- к резкому увеличению тока резонансной гармоники через трансформатор, что является причиной его тепловой перегрузки и существенно влияет на энергосберегающие свойства системы;
- к преждевременному выходу из строя батарей статических конденсаторов ус тановок компенсации реактивной мощности.

#### Литература

1. *Зайцев А.И.* Электроснабжение: Учеб. пособие, Воронеж: ВГТУ, 2002. ч. 2. 236 с.
2. *Нейман Л.Р.* ТОЭ том 1,2. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. – 416 с., ил.
3. *Базуткин В.В.* Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.: ил.

## ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ В РЕЖИМАХ ПУСКА С ИСТОЧНИКОМ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ БЕСКОНЕЧНОЙ МОЩНОСТИ

*А.Ю. МЕЛИХОВ, РОССИЯ*  
*А. НАМЗАОУИ, ФРАНЦИЯ*

**В** рамках концепции энергосбережения сформировалась четко выраженная тенденция к совершенствованию процессов управления асинхронным электроприводом (АЭП). Разработка интеллектуальных систем управления асинхронным двигателем (АД) на основе микропроцессорной техники с привлечением современных достижений силовой электроники является во всем мире наиболее актуальной и востребованной.

Разработка эффективных, с точки зрения энергопотребления, массогабаритных и стоимостных показателей систем управления АД, не представляется возможным без глубоких научно-экспериментальных исследований электромагнитных процессов, протекающих в двигателе. При этом в АЭП, как и во многих других областях, наиболее сложными для математического описания и моделирования являются переходные режимы.

Вместе с тем, существует целый класс разомкнутых по скорости систем управления плавным пуском АД, предназначенных для управления двигателем исключительно в переходных режимах.

Проблемы разработки таких систем не раз подчеркивались многими специалистами на страницах отечественных и зарубежных публикаций. Приведем, к примеру, выдержку из статьи проф. Санкт-Петербургского ГУ телекоммуникаций В.И. Хрисанова: «Сложилась парадоксальная ситуация, когда при серийно выпускаемых промышленностью регулируемых в широком диапазоне скоростей асинхронных электроприводах практически отсутствуют надежные, недорогостоящие и эффективные пусковые устройства...» [1]. Это еще раз подчеркивает актуальность проблемы исследования переходных процессов в асинхронных двигателях.

Основная цель нашей работы заключается в анализе и классификации существующих в настоящее время методов исследования переходных процессов в АД.

Согласно основным принципам системного анализа, в первом приближении, методы исследования переходных процессов можно разделить на количественные и качественные (рисунок 1).



Рис. 1. Классификация методов исследования переходных процессов в АД

В случае количественного анализа основная цель исследования заключается в описании переходных процессов с наперед заданной точностью. Причем уровень точности будет определять степень детализации математической модели и, соответственно, будет обуславливать ее сложность. Основная цель качественного исследования переходных процессов – это выявление базовых закономерностей перехода исследуемой системы от одного установившегося состояния к другому. При этом задача заключается в том, чтобы сформулировать такие допущения, которые, не искажая фундаментальных закономерностей протекания явлений в переходных режимах, позволили бы, получить решение в аналитической форме.

За всю историю развития теории электромеханических систем накопилось достаточно большое число подходов количественного анализа переходных процессов в АД, которые, тем не менее, можно разделить на две группы: подходы, основанные на сосредоточенной постановке задачи (с использованием теории цепей), и на распределенной постановке задачи (на основе теории поля). Как правило, в работах, использующих сосредоточенную постановку задачи с целью количественного исследования переходных процессов, осуществлялись попытки учета по отдельности или в совокупности тех нелинейных эффектов, которые наиболее сильно проявляют себя в продолжение переходных процессов. Учет указанных эффектов проводился путем усложнения базовой математической модели АД, записанной для идеальной машины с использованием теории обобщенных векторов [2]. Исследование работ, проводимых в этом направлении, вскрыло ряд проблем, обусловленных разобщенностью и отсутствием общей теоретической базы, которая напрямую отражала бы физическую сущность переходных процессов. Эти недостатки можно исключить, используя распределенную постановку задачи, которая предполагает решение системы уравнений, записанной на основании фундаментальных законов теории электромагнитного поля.

Основным заключением нашей работы является вывод о неадекватности использования сосредоточенных методов с целью количественного анализа переходных процессов в АД. Методы, разработанные на основе теории цепей должны развиваться в приложении к качественному анализу переходных процессов, что позволит использовать эти результаты при синтезе системы управления двигателем. При этом проверка адекватности качественных методов может производиться пу-

тем сравнения показателей переходных процессов, полученных с использованием методов распределенной постановки или экспериментально.

#### Литература

1. Хрисанов, В. И. Вопросы адекватности математических моделей асинхронных двигателей при анализе переходных процессов пуска // *Электротехника*. – 2003. – № 10. – с. 20–25

2. Виноградов А. Б. Математическая модель для анализа и синтеза динамических процессов частотно-управляемого асинхронного электропривода с учетом потерь в стали, насыщения и поверхностного эффекта // *Труды международной тринадцатой научно-технической конференции*. Екатеринбург 15–18 марта 2005. – с. 189–192;

## ИНДУКЦИОННЫЙ ПРОТОЧНЫЙ НАГРЕВАТЕЛЬ С ТРЕХСЛОЙНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ

*С. М. МОРГУН, РОССИЯ*

*Д. Ю. СЕМЕРНИН, РОССИЯ*

*Н. И. БОГАТЫРЕВ, РОССИЯ*

**В**о многих отраслях современного производства требуется интенсивный нагрев жидкостей со стабильными параметрами температуры: химическая промышленность, сельское хозяйство, медицина и другое. Применяя для этих целей простые, безопасные и надежные индукционные нагревательные устройства можно технически просто осуществлять равномерный (с двух сторон) нагрев жидкостей в тонком слое, обеспечив тем самым высокое качество ее обработки. Однако индукционные нагреватели промышленной частоты имеют низкие энергетические и технико-экономические показатели.

На кафедре электрических машин и электропривода Кубанского ГАУ разработаны конструкции индукционных нагревательных устройств с многослойными металлическими магнитопроводами, обладающими улучшенными энергетическими и технико-экономическими показателями [1, 2].

Каждая фаза индукционного проточного нагревателя состоит из обмотки, которая намотана на внешнюю немагнитную токопроводящую трубу (например, из нержавеющей стали), закрытую с двух сторон крышками с патрубками для подвода и отвода жидкости. Внутри немагнитной трубы находится ферромагнитная труба, герметически закрытая с шихтованным магнитопроводом внутри из электротехнической стали. Между трубами имеется зазор для прохождения нагреваемой жидкости в тонком слое. На внутренней ферромагнитной трубе закреплен датчик температуры.

Обмотки индукционного нагревателя подключаются к сети через симисторный регулятор с блоком фазоимпульсного управления, а последний через – нуль-орган с датчиком температуры, имеющим тепловой контакт с внутренней ферромагнитной трубой.

Действие индукционного проточного нагревателя основано на использовании поверхностного эффекта в металлических магнитопроводах, поэтому увеличение технологических и энергетических показателей возможно прежде всего путем создания условий для более резкого проявления поверхностного эффекта.

Индукционный проточный нагреватель работает следующим образом. Электромагнитное поле, создаваемое обмоткой, пронизывает магнитопровод. Немагнитная труба работает как короткозамкнутый виток, вызывая активные потери по всей длине. Ферромагнитная труба (определенной толщины, например, 4–5 мм) для определенной напряженности магнитного поля (например, 6000–7000 А/м) является полупрозрачной, т.е. электромагнитная волна может проникнуть че-