

not take into account engine power and fuel energy efficiency. The article presents the results of experimental studies aimed at determining the effective power of an in-line six-cylinder diesel engine with an electronic control unit when operating by the magnitude of the support reactions in the "free acceleration-exit" mode. It was found experimentally that the engine was accelerated in 2.45 s, the maximum acceleration of the crankshaft was 133.1 s^{-2} , and the maximum power of the engine was 102 kW. Disabling one of the cylinders resulted in an increase in acceleration time to 3.3 s with a decrease in maximum crankshaft acceleration to 110 s^{-2} and engine power to 80 kW. The free run-out time of the engine does not depend on the number of operating cylinders and is 6.2 s.

УДК 697.434

Иванов А.П., кандидат технических наук;
Жалсанова Н.А., кандидат технических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского», г. Чита, Российская Федерация
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова», г. Улан-Удэ, Российская Федерация

ПРОЕКТ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСОВ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ ОТДАЛЁННЫХ СЕЛЬСКИХ РЕГИОНОВ

Аннотация. Работа посвящена рассмотрению вопросов экономии энергоресурсов на основе апробированных проектов по внедрению частотно-регулируемых электроприводов насосов в отопительных котельных. Представлена схема модели для исследования процессов пуска асинхронных двигателей от инвертора с анализом осциллограмм.

Abstract: The work is devoted to the consideration of energy saving issues based on proven projects for the introduction of frequency-controlled electric pump drives in heating boilers. A model diagram is presented for studying the processes of starting asynchronous motors from an inverter and analyzing waveforms.

Ключевые слова. Насос, асинхронный двигатель, пусковой ток, инвертор
Keywords. Pump, asynchronous motor, starting current, inverter.

В настоящее время производителями освоен выпуск широкой гаммы преобразователей для низковольтных (380 В) асинхронных двигателей мощностью от 2,2 до 315 кВт. Силовая часть преобразователей реализована на современных приборах – IGBT модулях и диодно-тиристорных бес потенциальных схемах. Эти преобразователи имеют следующие особенности:

- автоматическая настройка системы управления на двигатель;

- автоматический перезапуск и продолжение работы в заданном режиме при исчезновении напряжения питания;
- встроенный пропорционально – интегральный регулятор технологического параметра;
- многофункциональная защита преобразователя и двигателя;
- возможность управление группой электродвигателей, вращающихся с одинаковой частотой

Требования к электроприводу определяются диапазоном требуемых скоростей и типом нагрузки. Примером подобных приводов являются центробежные насосы и вентиляторы отопительных котельных. Механические характеристики которых описываются квадратичной параболой, а потребляемая мощность пропорциональна кубу скорости вращения. Поэтому, даже небольшое снижение скорости может дать значительное снижение потребляемой мощности.

На рисунке 1 заштрихована область, отвечающая снижению мощности при использовании частотного регулирования производительности вместо дросселирования.

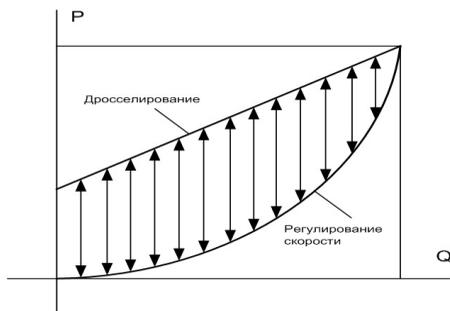


Рисунок 1 – Снижение мощности, развиваемой двигателем при частотном регулировании

Для получения, например, половины полного расхода при регулировании скорости будет затрачено около 13% полной мощности, тогда как при дросселировании – около 75%. Экономия составит примерно 60%. В зависимости от характера нагрузки преобразователь частоты должен обеспечивать различные режимы управления электродвигателем, реализуя необходимую зависимость между скоростью вращения и выходным напряжением [1].

Так как преобразователи имеют достаточно высокую стоимость, то вопросы их конкретного внедрения требуют тщательной предварительной проектной подготовки. С этой целью на базе инструментальных средств системы MATLAB были разработаны компьютерные модели насосных и вентиляционных агрегатов на базе асинхронных двигателей с частотным регулированием производительности [2].

Модели содержат следующие основные блоки: асинхронный двигатель; трехфазный автономный инвертор на IGBT – транзисторах; шестиканальный дискретный генератор широтно-модулированных импульсов, подаваемых на затворы IGBT-транзисторов инвертора.

Механический момент насоса формировался в модели из двух составляющих

$$M_{\text{MEX}} = 0,15M_{\text{НОМ}} + k\omega^2,$$

где $M_{\text{НОМ}}$ – момент при номинальной нагрузке; ω – угловая скорость вращения; k – постоянный коэффициент.

На рисунке 2 приведена схема модели для исследования процессов неуправляемого пуска АД от инвертора. Параметры данного вида пуска аналогичны параметрам обычного пуска АД от сети. Формируемые инвертором на достаточно высокой несущей частоте 1000 Гц широтно-импульсные сигналы напряжения поступают на статор АД, представленных на рисунке 3. Основная низкочастотная составляющая этих напряжений равна 50 Гц.

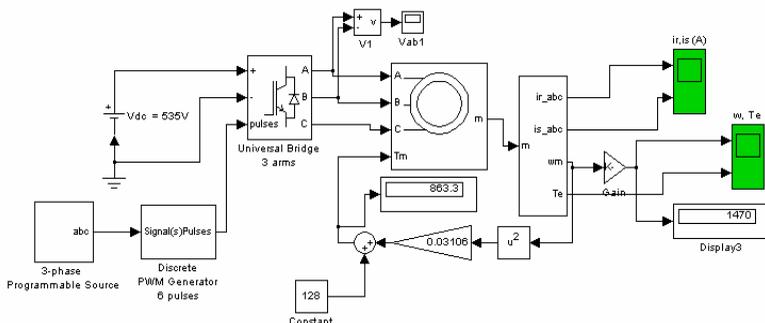


Рисунок 2 – Схема модели

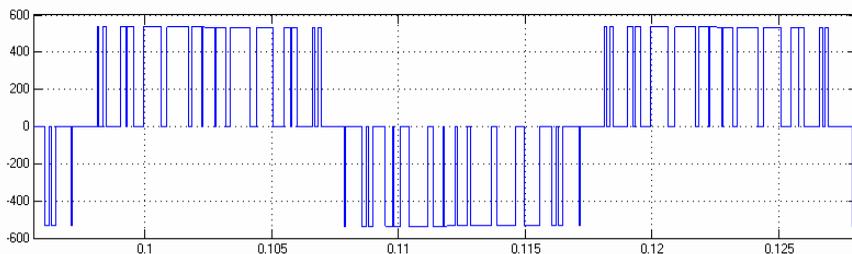


Рисунок 3 – Широтно-модулированные импульсы напряжения инвертора на несущей частоте 1000 Гц

Высокочастотные составляющие токов инвертора сглаживаются в обмотках АД. Чем выше несущая частота инвертора, тем меньшие искажения синусоидальности кривых тока в статорных цепях. Изменение электромагнитного момента в начальной стадии неуправляемого пуска имеет ярко выраженный колебательный характер, неблагоприятно действующий на двигатель. Амплитуда колебаний момента превосходит максимальный момент, соответствующий критическому скольжению. Начальные пусковые токи примерно в 5 раз больше номинальных токов после завершения пуска, что соответствует паспортным данным.

Механический (тормозной) момент дымососа котельных формируется в модели в виде квадратичной зависимости от скорости вращения

$$T_m = K\omega^2,$$

где ω – угловая скорость вращения.

Показатели процесса пуска могут быть улучшены при вариации на начальной стадии пуска амплитуды и основной частоты результирующего вектора напряжения, формируемого инвертором на статоре. Воздействие на амплитуду результирующего вектора напряжения будем называть *амплитудным* регулированием, а воздействие на основную частоту – *частотным* регулированием. Анализируя осциллограммы так называемого “управляемого” пуска АД, где начальная стадия пуска в течение 0,16 сек происходит при частоте 10 Гц, видим что в последующем частота в течение заданного интервала времени возрастает по линейному закону до 50 Гц и с течением времени остается неизменной. Нарастание амплитуды напряжения от нуля до номинального значения происходит по квадратичной зависимости от времени. Из осциллограмм видно, что пуск протекает более плавно. Практически исчезают колебания электромагнитного момента, снижается кратность пусковых токов к номинальному току, снижаются максимальные значения момента.

Выводы. Основной вывод можно выразить словами Шабанова В.Ю. Одним из новых технических направлений, ориентированных на экономию энергоресурсов, является внедрение преобразователей частоты для плавного регулирования скорости короткозамкнутых асинхронных электродвигателей [3]. Экономия электроэнергии до 60% дает оптимизация скорости вращения рабочих механизмов при снижении пусковых токов асинхронных двигателей, задания темпов разгона, торможения и бесконтактного реверса двигателя, а так же увеличение продолжительности межремонтного периода.

Список использованной литературы

1. Андронов А.Л. Обоснование энергоэффективных режимов частотно-регулируемых электроприводов в агропромышленном комплексе: диссертация кандидата технических наук: 05.20.02/ Андронов Алексей Леонидович; [Место защиты: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунов]. - Барнаул, 2005. – 191 с.

2. Классификация систем стабилизации скорости электропривода. Системы обработки информации в системах стабилизации скорости / Бутабаева К.Е. ELS. 2024. № февраль. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-sistem-stabilizatsii-skorosti-elektroprivoda-sistemy-obrabotki-informatsii-v-sistemah-stabilizatsii-skorosti>

3. Эффективность использования без трансформаторных многоуровневых преобразователей частоты в электроприводе магистральных насосов / В. А. Шабанов, В. Ю. Алексеев, А. Р. Калимгулов [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2015. – № 5. – С. 493–515. – EDN UMMQWR.

Summary. The main conclusion can be expressed in the words of Shabanov V.Yu. One of the new technical directions focused on saving energy resources is the introduction of frequency converters for smooth control of the speed of squirrel-cage asynchronous electric motors [3]. Energy savings of up to 60% are achieved by optimizing the rotation speed of working mechanisms by reducing the starting currents of asynchronous motors, setting the rates of acceleration, braking and non-contact motor reversal, as well as increasing the duration of the overhaul period.

УДК 631.311

Мисуно О.И., кандидат технических наук, доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАЛАНСА МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА В СОСТАВЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

Аннотация. Для обоснования параметров и режимов работы, энергетической оценки почвообрабатывающих агрегатов необходимо иметь численные значения ряда величин входящих в общий баланс мощности двигателя трактора. В статье представлено их определение через показатели полученные при проведении экспериментальных исследований агрегатов в полевых условиях.

Annotation. To justify the parameters and operating modes, energy assessment of soil-cultivating units, it is necessary to have numerical values for a number of quantities included in the overall power balance of the tractor engine. The article presents their definition through indicators obtained during experimental studies of units in field conditions.

Ключевые слова. Трактор, мощность, почвообрабатывающий агрегат, тяговое усилие, скорость, буксование, КПД трансмиссии, сопротивление качению.