

Пунктирной линией со стрелкой на рис. 4 показано изменение сигнала U_{3C2} в процессе работы НУ.

Выводы

1. Силовая электрическая схема обеспечивает рекуперацию энергии для намоточного устройства в режиме интенсивного торможения.
2. Применение локальной вычислительной сети значительно упрощает цепи управления и повышает надежность работы системы электропривода.
3. Алгоритм работы ПИД-регулятора с учетом ограничений обеспечивает эффективное ограничение скорости вращения НУ при обрыве проволоки.

Список литературы

1. Омельченко Е.Я., Радионов А.А., Бондаренко В.В. Намоточный аппарат стальной проволоки как объект регулирования // Электромеханика. Новочеркасск. – 2011.- № 4. С. 58-64.
2. Омельченко Е.Я., Моисеев В.О., Тележкин О.А. Тенденции развития автоматизированных электроприводов // Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сб. науч. тр. Вып. 20. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО МГТУ. –2012. – С. 71-79.
3. Омельченко Е.Я., Радионов А.А., Бондаренко В.В. Исследование электромеханической системы намоточного аппарата проволоочно-волоочильного стана // Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сб. науч. тр. Вып. 18. Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ. – 2010. – С. 9-27.

УДК 621.316.717

ВЫБОР ВРЕМЕНИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПРИ РЕАКТОРНОМ ПУСКЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ВЕНТИЛЯТОРНОЙ НАГРУЗКОЙ

М.В. Вечеркин, А.С. Сарваров, Е.В. Макарьева

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
vecherkin@inbox.ru, anvar@magtu.ru, cojens@mail.ru*

Аннотация

При реакторном пуске асинхронных двигателей выбор времени переключения на сеть во многом определяет степень снижения колеба-

тельной составляющей электромагнитного момента. Решается задача выбора времени переключения на сеть с целью минимизации негативного влияния переходных пусковых процессов.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, реакторный пуск, электромагнитный момент.

CHOICE OF SWITCHING TIME AT THE REACTOR START ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH FAN TYPE LOAD

M.V. Vecherkin, A.S. Sarvarov, E.V. Makarcheva

Nosov Magnitogorsk State Technical University

Russia, Magnitogorsk

vecherkin@inbox.ru, anvar@magtu.ru, cojens@mail.ru

Abstract

At the reactor starting of asynchronous electric motors the choice of switching time on a network in a great deal determines the degree of decline of oscillating component of electromagnetic torque. We solve the problem of timing switch on the network with the purpose of minimization of negative impact of transient startup processes.

Key words: asynchronous electric motors, reactor start, electromagnetic torque.

Асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором являются наиболее распространёнными электрическими машинами и потребляют свыше 50% вырабатываемой электроэнергии. За весь срок службы двигателя расходы на оплату потребляемой им электроэнергии более чем на порядок превышают расходы на его приобретение, техническое облуживание и ремонт. При этом большинство асинхронных электроприводов массового применения являются нерегулируемыми и работают в режимах повышенного электропотребления. Данная проблема заметно проявляется в мощных высоковольтных асинхронных электроприводах с вентиляторным характером нагрузки на валу – насосов, компрессоров, вентиляторов. Перерасход электроэнергии при отсутствии регулирования производительности для таких электроприводов может достигать 30% [1].

Одной из причин столь значительного перерасхода являются общеизвестные тяжелые условия прямого пуска АД, что вынуждает электротехнический персонал оставлять в работе двигателя при снятии технологических нагрузок на длительное время. При проведении пла-

новых ремонтов и вынужденных простоях длительность таких режимов может достигать несколько суток.

В условиях современного производства в большинстве случаев электроприводы питаются от мощных сетей электроснабжения, что позволяет производить прямой пуск, не принимая во внимание возможное влияние на сеть электроснабжения. В таких случаях на первый план выходит задача снижения начального ударного колебательного момента, возникающего при пуске АД. Возникающие при прямом пуске ударные моменты колебательного характера оказывают крайне негативное влияние, как на сам двигатель, так и на исполнительный механизм. По этой причине многократные прямые пуски АД приводят к его быстрому износу и выходу из строя.

Под безударным пуском будем понимать пуск двигателя, при котором полностью или частично нейтрализуется негативное влияние колебательной составляющей электромагнитного момента [2].

Реакторный пуск является простейшим, малозатратным и наиболее апробированным способом безударного пуска. Во многих случаях его можно рекомендовать, как основной способ пуска, с позиции ограничения ударных воздействий на механическую часть системы «асинхронный двигатель – исполнительный механизм». В тоже время реализация реакторного пуска приводит к увеличению длительности пускового процесса, что приводит к повышению тепловых потерь в двигателе. По этой причине необходимо минимизировать время пуска.

На рис. 1. приведена расчетная осциллограмма электромагнитного момента (в относительных единицах) мощного высоковольтного АД с вентиляторной нагрузкой на валу, полученная при исследовании компьютерной модели [2, 3].

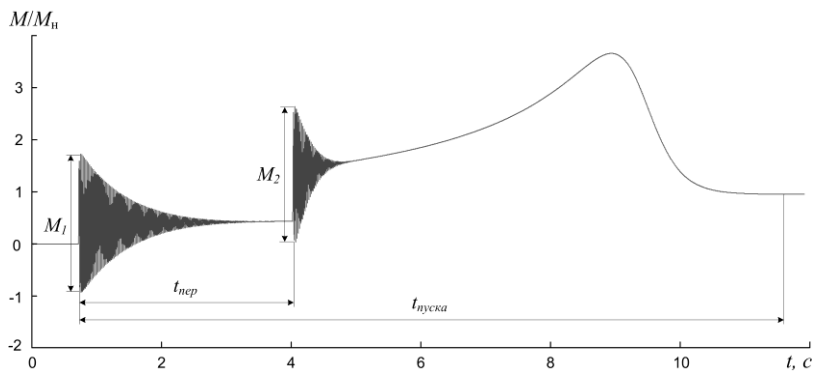


Рис. 1. Расчетная осциллограмма электромагнитного момента при реакторном пуске АД

На рисунке приведены следующие обозначения: M_n – номинальный момент АД; M_1 – размах колебательной составляющей электромагнитного момента при включении АД через реактор, M_2 – размах колебательной составляющей электромагнитного момента при переключении на сеть, $t_{\text{пер}}$ – время переключения АД с реактора на сеть, $t_{\text{пуска}}$ – время пуска АД (время достижения номинальных значений скорости и момента на валу).

Колебательную составляющую электромагнитного момента удобно характеризовать размахом, поскольку эта величина наглядна и легко определяется по осциллограмме. В то же время, следует помнить, что разрушающее действие зависит так же от длительности колебательного процесса, амплитуды и знака максимального и минимального значений момента.

Реакторный пуск является двухступенчатым. Первой ступенью пуска является включение двигателя через реактор. При этом величина M_1 при нулевых начальных условиях зависит только от характеристик реактора и параметров схемы замещения АД. Второй ступенью является переключение АД непосредственно на сеть. В этом случае начальные условия отличны от нулевых, поскольку АД разгоняется до некоторой скорости и в его обмотках существует не затухшее электромагнитное поле. Влияние начальных условий применительно к самозапуску и реверсу АД подробно рассмотрено в работе [4]. В ней показывается, что начальные условия оказывают значительное влияние на динамику процессов самозапуска и реверса, так как возникающие в этих процессах максимальные броски момента могут достигать особенно больших величин. Аналогичное влияние имеет место и при реакторном пуске АД. В этой ситуации особенно важным является правильный выбор времени переключения АД с реактора на сеть, поскольку при таком пуске это время является единственным управляемым параметром.

Промышленно выпускаемые реакторные пусковые устройства, как правило, рассчитаны на длительный режим работы и позволяют осуществлять переключение в широком диапазоне от 0,1 с до 99,9 с.

При малых значениях $t_{\text{пер}}$ условия пуска с точки зрения величины M_2 могут быть как благоприятными (рис. 2, а), так и исключительно неблагоприятными (рис. 2, б).

В последнем случае величина M_2 может быть соизмерима с величиной ударного электромагнитного момента при прямом пуске и даже превышать его. Следует особо подчеркнуть, что столь существенные различия происходят в пределах периода сетевого напряжения $T = 0,02$ с. При этом применяемые в реакторном пуске высоковольт-

ных АД вакуумные коммутаторы не обладают быстродействием, позволяющим осуществлять переключение с подобной точностью во времени.

Рис. 3 показывает, как меняется размах колебательной составляющей момента M_2 в зависимости от времени переключения $t_{пер}$ в первые 3 с пуска. Расчеты проводились на компьютерной модели через интервал $\Delta t = 1 \text{ мс}$ при условии строго одновременной коммутации фаз.

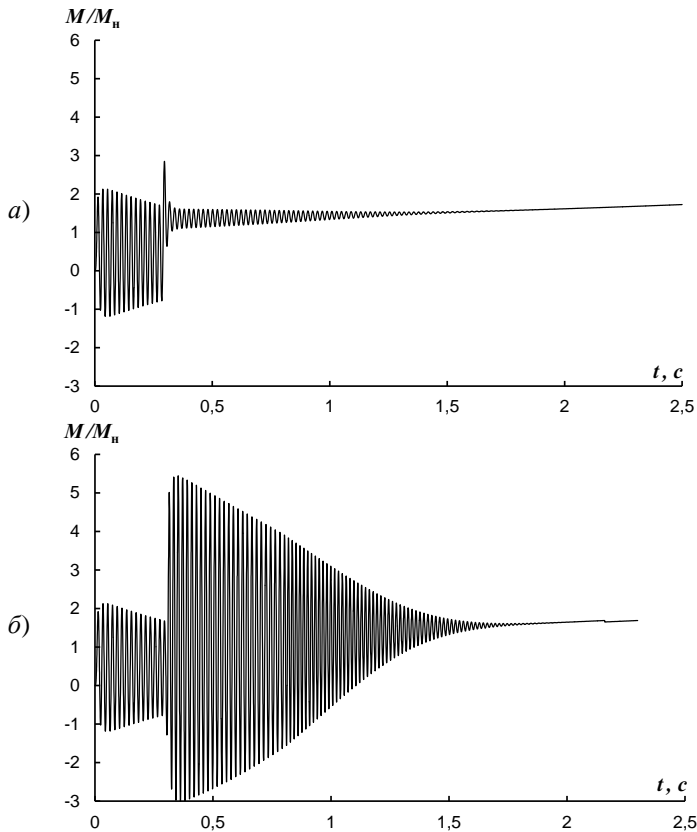


Рис. 2. Расчетные осциллограммы электромагнитного момента:
 а – при $t_{пер} = 0,292 \text{ с}$; б – при $t_{пер} = 0,298 \text{ с}$.

Из рисунка видно, что при малых значениях времени переключения значение M_2 меняется в широких пределах. С ростом $t_{пер}$ скорость двигателя увеличивается, что изменяет начальные условия при пере-

ключении и способствует сужению диапазона изменения M_2 . Начиная с некоторого значения времени переключения, величина M_2 изменяется в установившемся диапазоне:

Не смотря на то, что при малых значениях $t_{пер}$ можно добиться лучших условий пуска по критерию минимума M_2 , время переключения необходимо выбирать в зоне, где изменения размаха минимальны и лежат в установившемся диапазоне (1). Это позволит свести к минимуму риск повреждения механической части электропривода при пуске.

M_2 , *отн. ед.*

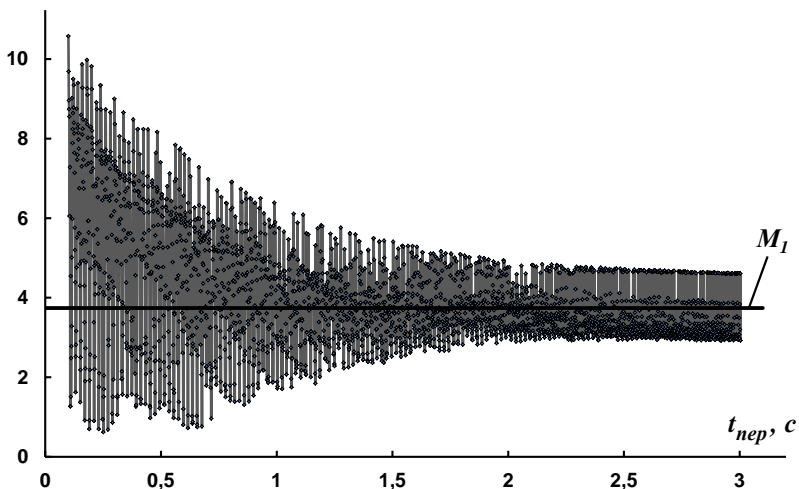


Рис. 3. Зависимость размаха колебательной составляющей электромагнитного момента от времени переключения

$$M_2 = M_1 \pm \Delta M; \quad (1)$$

где $M_1 = 3,9$ — значение размаха электромагнитного момента при включении АД через реактор; ΔM — некоторая постоянная величина, зависящая от характеристик реактора, двигателя и нагрузки электропривода.

Для минимизации тепловых потерь в АД и реакторе, время переключения следует выбирать в начале установившегося диапазона (1).

Реализация подобного подхода к реакторному пуску требует проведения предварительных исследований на компьютерной модели, учитывающей все особенности эксплуатации электропривода в каждом конкретном случае. В то же время, подобные исследования оправ-

даны, поскольку позволяют создавать и использовать объектно-ориентированные реакторы минимальной стоимости для безударного пуска высоковольтных асинхронных электроприводов.

Список литературы

1. Вечеркин, М.В., Сарваров, А.С. Исследование способов регулирования производительности вентиляторной станции ЛПЦ-10 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2006. №4. – С. 63-67.

2. Вечеркин, М.В., Макаров, А.В., Славгородская, Е.В., Макарчева Е.В. Физика и физические методы неразрушающего контроля: образование, теория, практика: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – С. 75-82.

3. Вечеркин, М.В., Славгородская, Е.В., Славгородский, В.Б., Сарваров, И.А. Моделирование пусковых процессов асинхронных двигателей при использовании тиристорных регуляторов напряжения, реакторов, автотрансформаторов и трансформаторно-тиристорных пусковых устройств. Труды VII Международной (VII Всероссийской) научно-технической конференции по автоматизированному электроприводу: ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2012. – С. 350-355.

4. Соколов, М.М., Петров, Л.П., Масандилов, Л.Б., Ладензон, В.А. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе. М.: «Энергия», 1967.

УДК 62-63:681.51

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБОРОТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ТАХОГЕНЕРАТОРА НА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Ю.В. Мерзляков, Г.Г. Толмачев

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
profkom-mgtu-mgn@mail.ru, gen-tolm@mgn.ru*

Аннотация

В статье представлены результаты исследований влияния оборотных пульсаций напряжения тахогенератора на дополнительные потери мощности в электроприводе. Установлено, что двойная амплитуда