

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОМЕНТА И СКОРОСТИ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Субботин О. В., Яковлева А. И.

Приведены исследования асинхронного электропривода ленточного конвейера с частотным скалярным управлением без датчика скорости и векторным управлением. Проведено моделирование и сделан анализ рассматриваемых способов управления, показаны их преимущества и недостатки. Показано, что электропривод с частотным векторным управлением позволяет хорошо справляться с регулированием скорости конвейера на низких частотах, что повышает точность регулирования и позволяет улучшить динамические характеристики электропривода, расширить диапазон регулирования скорости и ограничить момент на заданном уровне.

Наведено дослідження асинхронного електроприводу стрічкового конвеєра з частотним скалярним керуванням без датчика швидкості і векторним керуванням. Проведено моделювання та зроблено аналіз розглянутих способів управління, показані їх переваги та недоліки. Показано, що електропривод з частотним векторним керуванням дозволяє добре справлятися з регулюванням швидкості конвеєра на низьких частотах, що підвищує точність регулювання і дозволяє поліпшити динамічні характеристики електроприводу, розширити діапазон регулювання швидкості і обмежити момент на заданому рівні.

In this article, studies are given of an asynchronous electric drive of a belt conveyor with frequency scalar control without a speed sensor and vector control. The modeling and analysis of the control methods under consideration are carried out, their advantages and disadvantages are shown. It is shown that the electric drive with frequency vector control allows to manage the speed of the conveyor at low frequencies well, which increases the accuracy of regulation and allows improving the dynamic characteristics of the electric drive, broadening the speed control range and limiting the torque at a given level.

Субботин О. В.

канд. техн. наук, доц. каф. АПП ДГМА
o.v.subotin@ukr.net

Яковлева А. И.

магистр каф. АПП ДГМА

УДК 621.867

Субботин О. В., Яковлева А. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОМЕНТА И СКОРОСТИ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Во многих отраслях промышленности производительность технологического оборудования в значительной степени определяется уровнем его автоматизации, основным звеном которой является электропривод. На современном этапе к двухдвигательным электроприводам предъявляются высокие требования к точности позиционирования и поддержанию скорости, что требует дополнительного исследования его функционирования в конкретных условиях применения.

В настоящее время для решения ряда задач, а именно: плавного пуска, синхронизации рабочих элементов, ограничения динамических нагрузок при переходных процессах применимы управляемые асинхронные частотно-регулируемые электроприводы [1, 2].

Совершенствованию конвейерных электроприводов уделяли в разные годы большое внимание такие известные ученые как: Тарасов Ю. Д., Дмитриев В. Г., Запенин И. В., Шахмейстер Л. Т., Дьячков В. К., Соловьев А. С. и т. д. Интерес к электроприводу механизмов непрерывной транспортировки проявляют различные технические предприятия мира: Siemens (Германия), Schneider Electric (Франция), Metso Minerals (Англия), Pioma (Польша), ABB (Германия) и др.

В своей работе Виноградов А. Б., Сибирцев А. Н., Колодин И. Ю. рассмотрели проблему чувствительности векторно-управляемого асинхронного электропривода без датчика скорости/положения к изменению параметров электродвигателя и задержкам переключения инвертора [3, 4].

Емельяновым А. П. и Чуркиным Б. А. был представлен метод регулирования частоты вращения асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, базирующегося на скалярных законах управления обратными связями.

Активное внедрение и применение двухдвигательных электроприводов в механизмах перемещения различного промышленного назначения накладывает определенные требования к процессу синхронизации частот вращения двигателей, так как возможное неравенство скоростей в реальных системах в большинстве случаев ведет к возникновению механических колебаний в объекте регулирования и, как следствие, к увеличению нагрузки на автоматизированный электропривод и его энергопотребления [5].

Поэтому исследования, направленные на разработку и совершенствование систем двухдвигательных электроприводов, являются актуальной задачей, так как направлены на повышение энергоэффективности и увеличение надежности работы механизма в целом.

Целью работы является исследование способов управления асинхронным двухдвигательным электроприводом транспортера.

Для решения задач регулирования скорости и момента в современном электроприводе применяют два основных метода частотного управления: скалярное и векторное управление.

Принципы скалярного управления асинхронным двигателем были сформулированы русским академиком Костенко М. П. Он впервые описал способ связанного изменения амплитуды и частоты напряжения статора в зависимости от требуемого момента (скалярное управление напряжением).

Асинхронный электропривод с частотным скалярным управлением является наиболее простым. Он применяется для привода насосов, вентиляторов, компрессоров, конвейеров и других простейших производственных механизмов. Основной принцип скалярного

управления заключается в изменении частоты и амплитуды питающего двигателя напряжения по закону $U/f_1^n = \text{const}$, где $n \geq 1$. Конкретный вид зависимости определяется характером нагрузки механизма. За независимое воздействие принимается частота, которая определяет скорость вращения двигателя, а значение напряжения при данной частоте определяет поток двигателя и, в конечном итоге, вид механической характеристики, значения пускового и критического моментов двигателя.

Скалярное управление обеспечивает постоянство перегрузочной способности привода при изменении частоты только в области её больших значений, при малых частотах существенно уменьшаются пусковой и максимальный момент. Максимальный диапазон регулирования скорости вращения двигателя при постоянном значении момента сопротивления для приводов со скалярным управлением достигает 1:10.

При идентичности параметров и начальных условий двухдвигательный электропривод может быть заменен эквивалентным однодвигательным приводом для анализа процессов, возникающих при изменениях управляющих воздействий либо под действием возмущений в неразветвленной части электромеханической схемы. В этих условиях последовательное соединение двигателей обеспечивает высокую равномерность распределения нагрузок между валопроводами как в переходных, так и в установившихся режимах работы.

На рис. 1 приведена функциональная схема, реализации асинхронного электропривода со скалярным частотным управлением без датчика скорости.

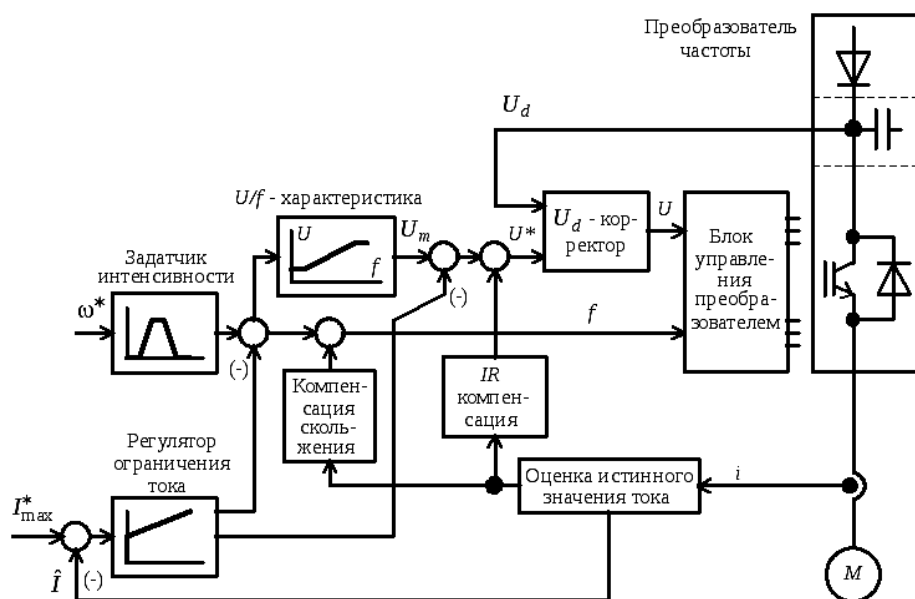


Рис. 1. Функциональная схема асинхронного электропривода со скалярным частотным управлением без датчика скорости

На схеме обозначены основные функциональные элементы регулируемого асинхронного электропривода: преобразователь частоты; блок управления преобразователем, включающий в себя формирователь 3-фазной системы управляющих напряжений $u_{1\alpha}, u_{1\beta}, u_{1\epsilon}$ формирователь 6-канального ШИМ-сигнала и блок драйверов; формирователь U/f – характеристики; задатчик интенсивности скорости с линейной S -образной или с U -образной характеристикой; датчики (в общем случае) линейного тока двигателя; блок расчета фактического значения действующего фазного тока двигателя; элемент сравнения допустимого максимального и фактического значения действующего фазного тока двигателя и регулятор ограничения тока; блок компенсации скольжения; блок коррекции управления напряжением инвертора в функции фактического значения напряжения звена постоянного тока преобразователя.

Метод скалярного управления относительно прост в реализации, но обладает рядом существенных недостатков:

- во-первых, нельзя достичь высокой точности регулирования асинхронным двигателем, а наличие датчика скорости решает эту проблему, а в случае с синхронным двигателем при изменении нагрузки – можно совсем потерять управление;
- во-вторых, нельзя управлять моментом. Эту задачу можно решить с помощью датчика момента, но стоимость его установки очень высока и может быть дороже самого электропривода. При этом управление моментом будет достаточно инерционным;
- также невозможно поддержание одновременно момента и скорости [6].

Для устранения недостатков, присущих скалярному управлению, фирмой SIEMENS еще в 1971 году был предложен метод векторного управления.

Теоретические принципы метода были практически одновременно разработаны в Японии, России и Германии.

При частотном векторном управлении, благодаря применению многоконтурной структуры системы управления электропривода, обеспечивается независимое регулирование двух основных параметров – момента на валу и скорости вращения вала двигателя.

В современных электроприводах в систему управления электропривода заложена математическая модель двигателя, которая позволяет рассчитывать момент на валу и скорость вращения двигателя. При этом необходимыми являются только датчики тока фаз статора двигателя (без встроенных датчиков потока двигателя и без датчика скорости).

В настоящее время определилось два класса систем векторного управления – бездатчиковые системы (без датчика скорости на валу двигателя) и системы с обратной связью по скорости [3, 4].

На рис. 2 представлена функциональная схема реализации асинхронного частотно-регулируемого электропривода с векторным управлением без датчика скорости.

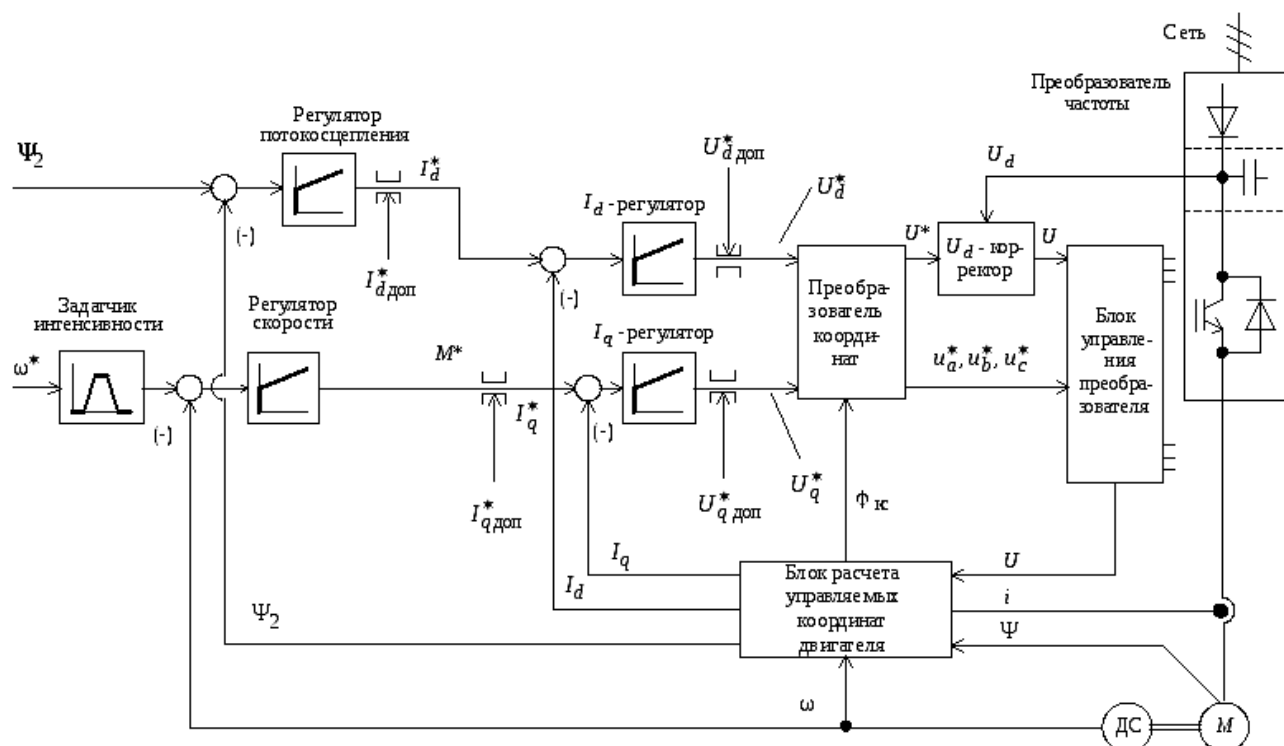


Рис. 2. Базовая функциональная схема асинхронного электропривода с частотным векторным управлением и моделью трехфазного инвертора напряжения с ШИМ

Достоинства систем электропривода с векторным управлением:

- высокая точность регулирования скорости даже без датчика скорости;
- плавное вращение двигателя в области малых значений скорости;
- возможность обеспечения номинального момента двигателя при нулевой скорости в системах с датчиком скорости;
- возможность получения максимальных моментов электропривода в пуско-тормозных режимах, превышающих значение критического момента асинхронного электродвигателя.

Ленточный конвейер предназначен для непрерывного транспортирования горной массы в одном направлении, поэтому электропривод должен работать в продолжительном режиме и быть неререверсивным [7].

Требование регулирования производительности конвейера, согласования скоростей и равномерного распределения нагрузок в многодвигательном электроприводе, обуславливают необходимость регулирования скорости электропривода, диапазон которого зависит от требований конкретного технологического процесса.

На рис. 3 и рис. 4 представлены временные диаграммы имитационных исследований скалярного и векторного (без датчика скорости), способов управления электропривода ленточных конвейеров.

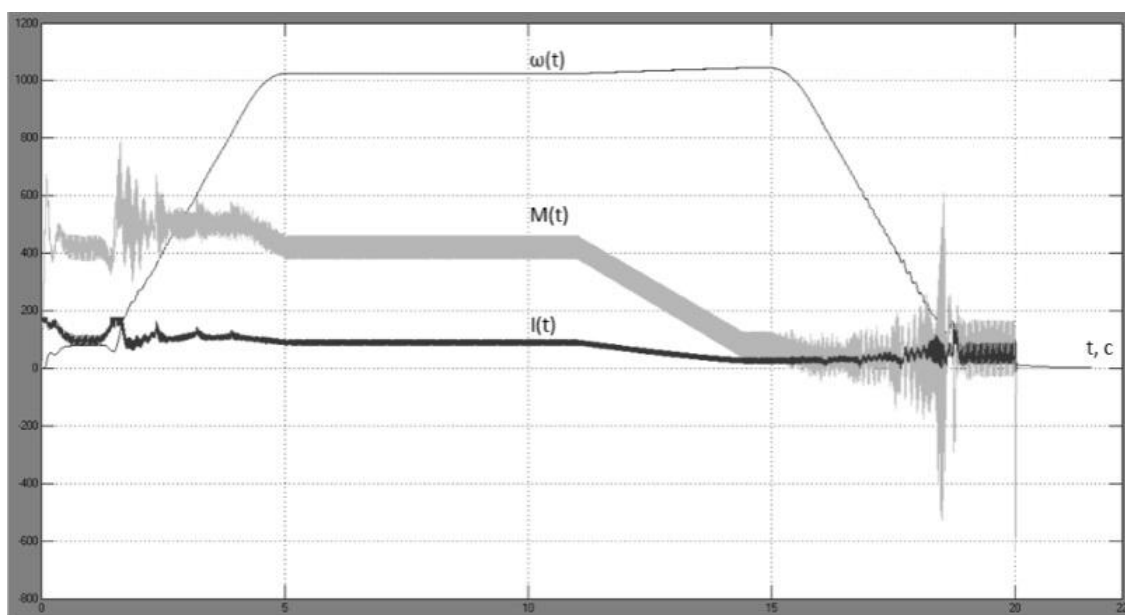


Рис. 3. Отработка цикла работы конвейера электроприводом с частотным скалярным управлением

Анализ полученных графиков позволяет заключить, что электропривод с частотным скалярным управлением обеспечивает стабильную работу в области частот выше 20...25 Гц. Это позволяет обеспечивать регулирование скорости двигателя вниз от номинальной скорости, но дает плохие результаты управления в области малых частот. Также отсутствует возможность сформировать плавные процессы пуска и торможения двигателя и устойчивую работу на малых скоростях.

На практике очень часто невозможно выбрать единую настройку для режимов пуска порожнего и загруженного конвейера. Это является отрицательной особенностью скалярного управления.

На графиках хорошо наблюдается сильное колебание момента как при пуске, так и при остановке электропривода, что недопустимо по требованиям, предъявляемым к данному механизму.

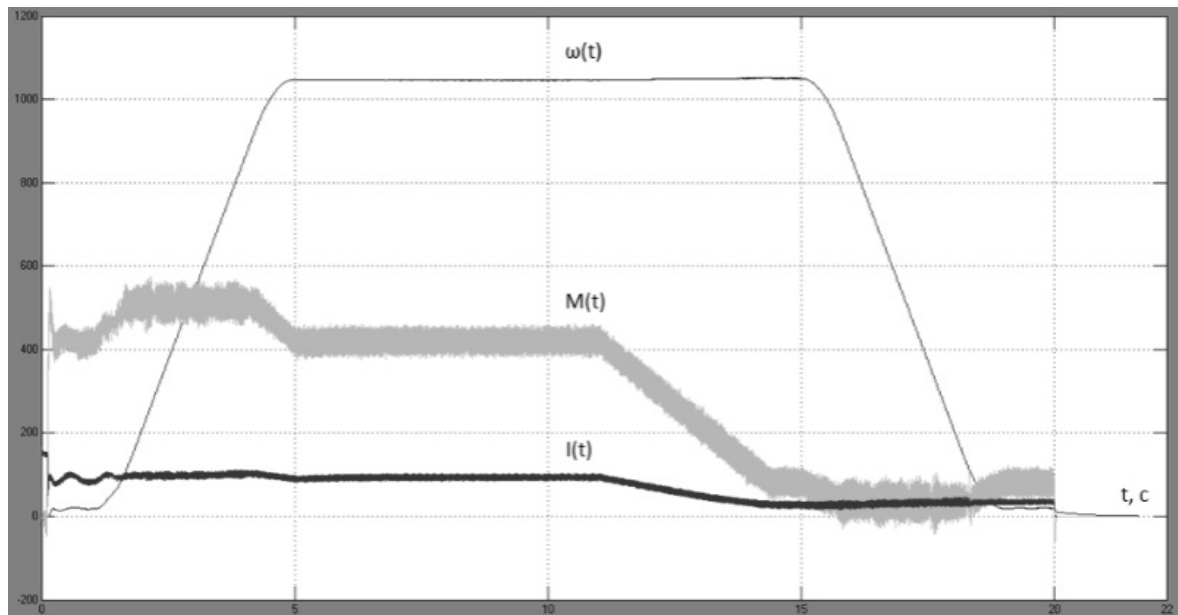


Рис. 4. Отработка цикла работы конвейера с начально загруженной лентой электроприводом без датчика скорости с частотным векторным управлением

ВЫВОДЫ

При выборе способа управления следует учитывать отмеченные выше достоинства и недостатки способов управления, а также требования, предъявляемые к производственному механизму и технологическому процессу в целом.

Электропривод с частотным векторным управлением позволяет хорошо справляться с регулированием скорости конвейера на низких частотах, что повышает точность регулирования.

Применение векторного управления позволяет улучшить динамические характеристики электропривода, расширить диапазон регулирования скорости и ограничить момент на заданном уровне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рачков Е. В. Совершенствование системы пуска ленточного конвейера с грузом / Е. В. Рачков // *Речной транспорт*. – 2011. – № 5 (53). – С. 63.
2. Шахмейстер Л. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев. — М. : *Металлургия*, 1987 — 394 с.
3. Виноградов А. Б. Адаптивно-векторная система управления бездатчикового асинхронного электропривода серии ЭПВ / А. Б. Виноградов, А. Н. Сибирцев, И. Ю. Колодин // *Силовая электроника*. – 2006. – № 3.
4. Ohtani T. Vector Control of Induction Motor without Shaft Encoder / T. Ohtani, N. Takada, K. Tanaka // *IEEE Transactions on Industry Applications*. – January/February 1992. – Vol. 28, No. 1. –P. 157–165.
5. Тарасов А. С. Многодвигательный асинхронный электропривод ленточного конвейера с корректирующим устройством снижения динамических нагрузок / А. С. Тарасов // *Информационные технологии моделирования и управления : сб. трудов*. – Воронеж : Изд. "Научная книга", 2007. – № 4(38). – С. 499–504.
6. Тарасов А. С. Векторное управление асинхронным двигателем для механизмов ленточных конвейеров / А. С. Тарасов // *Микропроцессорные, аналоговые, цифровые и электромеханические устройства и системы : Материалы Международной научно-практической конференции*. – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2006. – С. 48–54.
7. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными двигателями / А. А. Булгаков. – М. : *Энергоиздат*, 1982. – 216 с.