

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ РЕЛЕЙНОЕ ВЕКТОРНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
СТАТОРНОГО ТОКА В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С ДНПЧ-ШИМ**

Введение. В последние годы наблюдается повышенный интерес к созданию и исследованию асинхронных частотно-регулируемых электроприводов (ЭП) с новыми типами статических преобразователей частоты. Одним из таких новых и перспективных является двухзвенный непосредственный преобразователь частоты (ДНПЧ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) [1]. Указанный преобразователь характеризуется: относительной технической простотой (так как содержит в своем составе 12 полностью управляемых силовых полупроводниковых ключей); двухсторонним обменом энергии с питающей сетью (при этом нет необходимости применять какие-либо дополнительные устройства для рекуперации энергии в сеть); способностью реализовать высокие динамические свойства привода и его хорошие энергетические характеристики; улучшенными массогабаритными и стоимостными показателями.

Вопросам оптимального по быстродействию векторного регулирования статорного тока в асинхронном ЭП с ДНПЧ-ШИМ авторами уделяется внимание в [2]. Однако, указанное оптимальное быстродействующее управление характеризуется повышенными частотами переключения силовых полупроводниковых ключей, что, в свою очередь, приводит к повышенным модуляционным потерям активной мощности в установившихся режимах работы асинхронного ЭП с ДНПЧ-ШИМ.

Постановка задач исследования. Предложенная статья посвящена актуальному вопросу совершенствования быстродействующего векторного регулирования статорного тока в асинхронном ЭП с ДНПЧ-ШИМ, при котором сохраняется быстродействующее регулирование статорного тока в динамических режимах и снижается частота переключения силовых ключей инвертора в установившихся режимах работы электропривода. При исследовании данного вопроса решались задачи: усовершенствования алгоритма управления, исследования и оценки преимуществ предложенного усовершенствованного векторного регулирования статорного тока.

Материал исследования. Асинхронный электропривод с ДНПЧ-ШИМ (рис. 1) содержит: сетевой LC-фильтр, трехфазный активный выпрямитель АВ и автономный инвертор напряжения АИН, асинхронный двигатель АД. Для совершенствования алгоритма быстродействующего векторного регулирования статорного тока асинхронного ЭП с ДНПЧ-ШИМ предлагается:

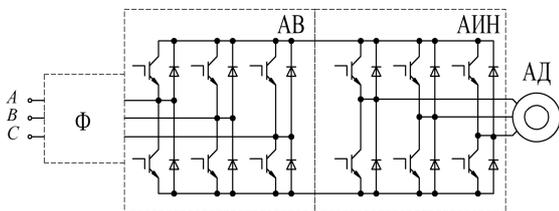


Рис. 1. Асинхронный ЭП с ДНПЧ-ШИМ

1. В зависимости от значений отклонений $\Delta I_{sx}, \Delta I_{sy}$:

$$\Delta I_{sx} = I_{sx}^* - I_{sx}, \quad \Delta I_{sy} = I_{sy}^* - I_{sy}, \quad (1)$$

(соответственно между заданными I_{sx}^* и I_{sy}^* и фактическими I_{sx}, I_{sy} значениями намагничивающей и активной проекций обобщенного вектора статорного тока) разбить токовые «коридоры» по обеим проекциям статорного тока на подобласти, показанные на рис. 2. Указанные подобласти обозначены в скобках: первая цифра обозначает номер токового «коридора» для намагничивающей составляющей, а вторая — для активной составляющей обобщенного вектора статорного тока АД. Внешним «коридорам» с номерами 1 и 6 соответствуют описывающие их зависимости соответственно:

$$2 \cdot I_{\Pi} \leq I_s < +\infty \text{ и } -\infty \leq I_s < -2 \cdot I_{\Pi}. \quad (2)$$

Внутренним «коридорам» 2 и 5 соответствуют зависимости:

$$I_{\Pi} \leq I_s < 2 \cdot I_{\Pi} \text{ и } -2 \cdot I_{\Pi} \leq I_s < I_{\Pi}, \quad (3)$$

а «коридорам» 3 и 4 — соотношения

$$0 \leq I_s < I_{\Pi} \text{ и } -I_{\Pi} \leq I_s < 0, \quad (4)$$

где I_{Π} — ширина внутренних «коридоров» (на практике задается равной 5-10% от номинального тока АД).

2. При наличии в обозначении подобласти на рис. 2 символа «m» (в правом верхнем углу) проверяется возможность сохранения комбинации открытых и закрытых силовых полупроводниковых ключей инвертора.

3. В случае невозможности сохранения текущего состояния открытых силовых ключей или наличия в нижнем левом углу подобласти обозначения «7» определяется обобщенный

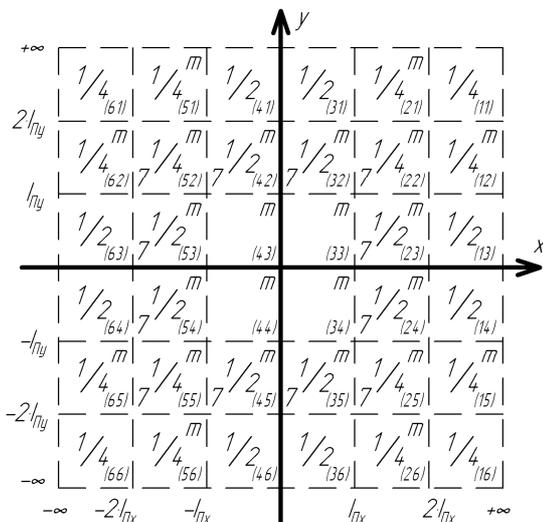


Рис. 2. Разбиение на подобласти при усовершенствованном управлении

вектор ЭДС ротора двигателя. Если полученный вектор ЭДС и обобщенный вектор статорного тока АД находятся в одной полуплоскости, то задается комбинация открытых силовых ключей в одном полюсе инвертора.

4. При невыполнении предыдущих двух условий или в случае нахождения в других подобластях на рис. 2 отклонений ΔI_{sx} , ΔI_{sy} статорных токов выбирается новая комбинация открытых силовых ключей, показанная условным обозначением «1/4» или «1/2». При этом обозначению «1/4» соответствует одновременное выполнение двух (первых) условий из соотношения

$$\text{sign}(\Delta I_{sx}) = \text{sign}(\Delta U_x), \quad \text{sign}(\Delta I_{sy}) = \text{sign}(\Delta U_y), \quad (5)$$

где

$$\Delta U_x = U_{sx} - kE_x, \quad \Delta U_y = U_{sy} - kE_y \quad (6)$$

проекция обобщенного вектора результирующего напряжения на ортогональные оси вращающейся координатной системы «х-у» (связанной осью «х» с обобщенным вектором потокосцепления ротора двигателя); U_{sx} , U_{sy} – проекции на оси указанной координатной системы «х-у» обобщенного вектора статорного напряжения (создаваемого на выходе ДНПЧ-ШИМ); kE_x , kE_y – приведенные (к статору) значения проекций (на оси координат «х-у») обобщенного вектора ЭДС ротора двигателя.

В результате выбирается вектор результирующего напряжения, находящийся в той четверти, где находится вектор отклонения обобщенного вектора статорного тока. Для подобласти, обозначенной «1/2», выполняется одно из условий соотношения (5); при этом выбирается вектор результирующего напряжения, находящийся в той полуплоскости, где находится вектор отклонения обобщенного вектора статорного тока.

На рис. 3 показаны результаты расчета на модели [3] электромагнитных процессов в асинхронном ЭП с ДНПЧ-ШИМ для режимов: а) начальное намагничивание двигателя, разгон до половины от номинальной скорости двигателя, наброс номинальной нагрузки; б) отработка намагничивающей составляющей статорного тока при намагничивании двигателя; в) установившийся режим работы на холостом ходу при скорости двигателя, равной половине от номинальной; г) установившийся режим работы при номинальном моменте нагрузки и скорости, равной половине от номинальной (где Ψ_r , ω , M – модуль потокосцепления ротора, скорость и электромагнитный момент АД соответственно).

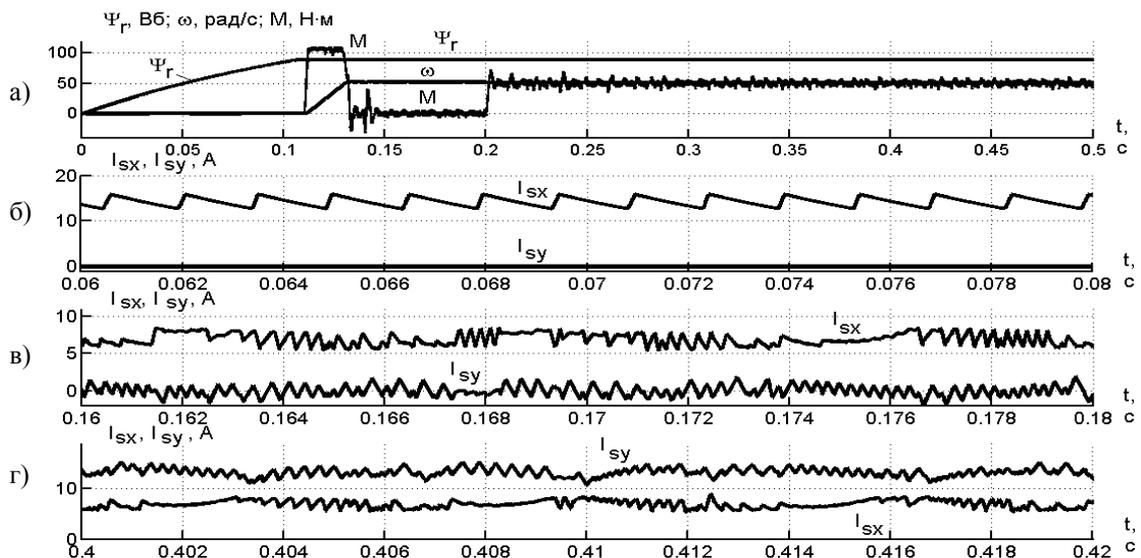


Рис. 3. Электромагнитные процессы асинхронного ЭП с ДНПЧ-ШИМ

Выводы. Предложенное усовершенствованное векторное регулирование статорного тока асинхронного ЭП с ДНПЧ-ШИМ дает следующие преимущества:

- сохранить предельное (оптимальное) по быстродействию регулирование статорного тока АД в динамических режимах работы ЭП с ДНПЧ-ШИМ;
- снизить частоту переключения силовых полупроводниковых ключей в установившихся режимах работы на 20-25%, что приводит к снижению коммутационных потерь в асинхронном ЭП с ДНПЧ-ШИМ.

Литература.

1. Шрейнер Р.Т., Ефимов А.А., Калыгин А.И., Корюков К.Н., Мухаматшин И.А. Концепция построения двухзвенных непосредственных преобразователей частоты для электроприводов переменного тока // Электротехника. — 2002, — № 12. — С. 30-39.
2. Волков А.В., Антонов Н.Л. Быстродействующее векторное регулирование статорного тока в асинхронных электроприводах с двухзвенным непосредственным преобразователем частоты // Электромашиностроения та электрообладнання. — 2004. — Вип. 62. — С. 21-24.
3. Волков А.В., Антонов Н.Л. Цифровая модель непосредственного преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией, нагруженного на асинхронный двигатель // Электротехніка та електроенергетика. — 2000. — № 2. — С. 67-71.