

УДК 62-83:621.313

ЭЛЕКТРОМАГНИТНО СОВМЕСТИМЫЙ ЧАСТОТНО-ТОКОВЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

И. С. Шевченко, Ю. П. Самчелев, В. Г. Дрючин, Г. С. Белоха

Донбасский государственный технический университет
просп. Ленина, 16, г. Алчевск, 94202, Украина. E-mail: galin.1303@mail.ru

Рассматривается электромагнитно совместимый асинхронный электропривод на базе частотно-токового преобразователя с последовательным силовым активным фильтром. Электропривод обладает широким диапазоном регулирования скорости при высокой перегрузочной способности, малой чувствительностью к действию возмущений и существенно упрощенной системой управления. Форма токов в обмотках асинхронной машины – практически синусоидальная.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, асинхронный привод, релейный регулятор.

ЕЛЕКТРОМАГНИТНО СУМІСНИЙ ЧАСТОТНО-СТРУМОВИЙ АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

І. С. Шевченко, Ю. П. Самчелєв, В. Г. Дрючин, Г. С. Белоха

Донбасский державний технічний університет
просп. Леніна, 16, г. Алчевськ, 94202, Україна. E-mail: galin.1303@mail.ru

Розглянуто електромагнітно сумісний з мережею живлення асинхронний електропривод на базі частотно-струмового перетворювача з послідовним силовим активним фільтром. Електропривод має широкий діапазон регулювання швидкості за високої переважувальній здатності, малу чутливість до дії збурень та суттєво спрощену систему управління. Форма струмів в обмотках асинхронної машини – практично синусоїдальна.

Ключові слова: електромагнітна сумісність, асинхронний привод, релейний регулятор.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В [1] рассмотрен асинхронный электропривод на базе частотно-токового преобразователя (ЧТП), который обеспечивает принудительное формирование потребляемых из сети токов, близких к синусоидальной форме при $\cos\phi = 1$ посредством параллельного силового активного фильтра САФ (решается проблема электромагнитной совместимости с сетью). Электромагнитная совместимость с двигателем достигается путем принудительного формирования токов в обмотках статора, так же близких к синусоидальной форме, посредством второго комплекта САФ, установленного на входе обмоток статора.

Принятый релейный принцип управления позволил решить проблему малой чувствительности к действию возмущений (колебание напряжения сети, изменение сопротивлений обмоток в процессе работы двигателя) и высокого быстродействия.

Необходимость согласованного управления вентилями САФ и преобразователя при распределении движения потоков энергии привела к существенному усложнению алгоритма управления ЧТП и привода в целом.

Целью работы является демонстрация возможности упрощения асинхронного электропривода посредством ЧТП с последовательным САФ при питании от однофазной сети. При этом сохранены релейный принцип управления и принудительное формирование близких к синусоидальной форме токов.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Универсальный источник питания с последовательным САФ (UM2), реализующий в том числе и режим ЧТП, описан в [2].

Ниже рассматривается построение и результаты исследования электромагнитно совместимого асинхронного электропривода, функциональная схема которого приведена на рис. 1.

В приводе использовано частотно-токовое управление (ЧТУ) с реализацией закона постоянства абсолютного скольжения ротора β на любой скорости при заданном моменте на валу двигателя:

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\omega_{0n}} = \frac{\omega_{0z} - \omega}{\omega_{0n}} = \alpha - v, \quad (1)$$

где $\alpha = f_1 / f_{1n} = \omega_0 / \omega_{0n}$ – относительное значение частоты тока статора; v – относительное значение скорости ротора; f_1, f_{1n} – текущее и номинальное значения частоты тока двигателя.

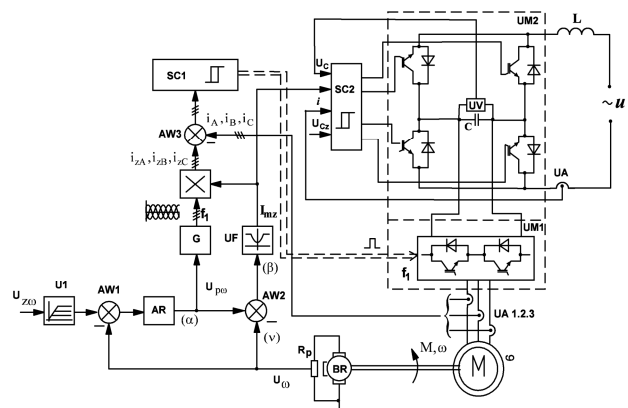


Рисунок 1 – Функциональная схема асинхронного электропривода с частотно-токовым управлением

Реализация указанного закона при условии постоянства магнитного потока машины требует формирования в асинхронной машине (АМ) амплитуды тока статора в зависимости от величины β по закону:

$$I_{mz} = I_{mq} \left[(r_2^2 + (x_r \beta)^2) / (r_2^2 + (x_2' \beta)^2) \right]^{1/2}, \quad (2)$$

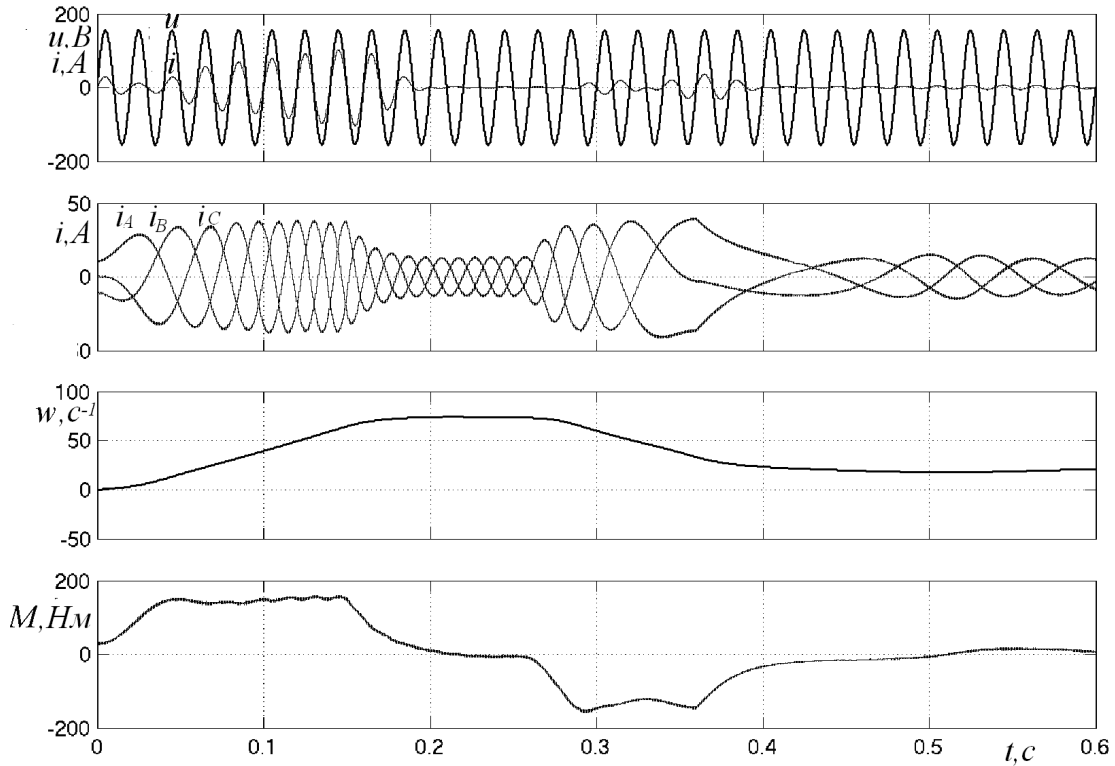


Рисунок 2 – Кривые основных координат ЭП (i_A, i_B, i_C, M, ω) при пуске и переходе на меньшую скорость

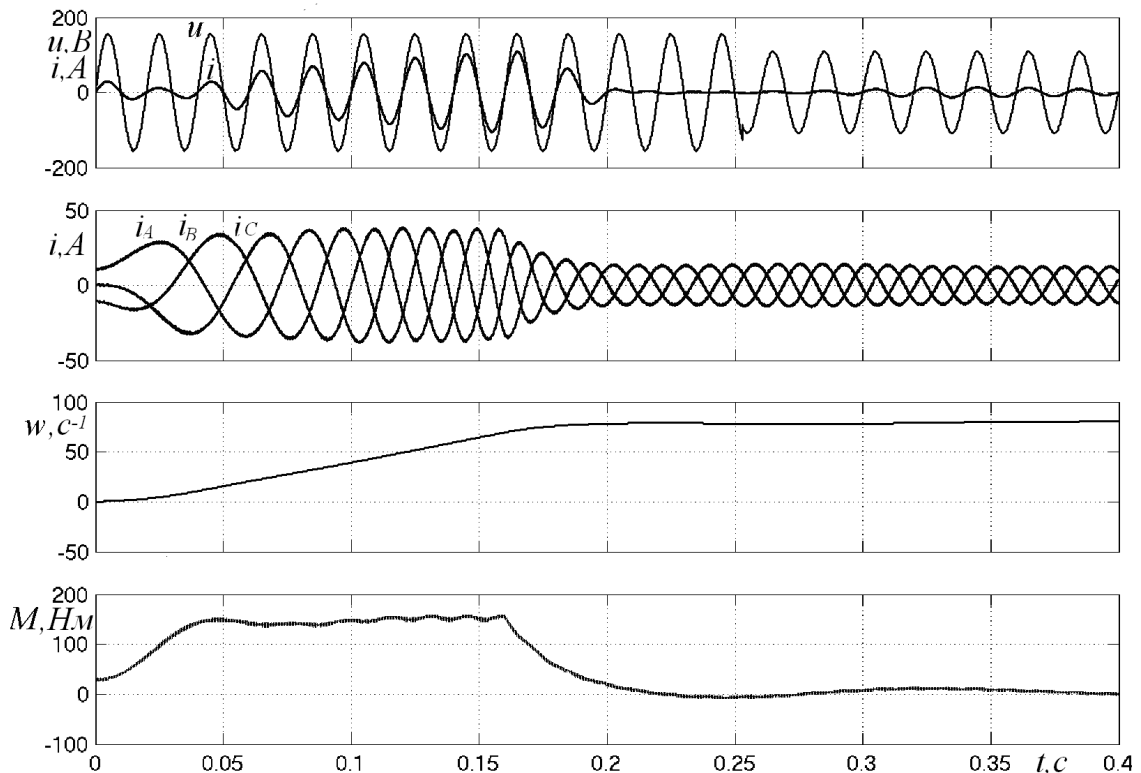


Рисунок 3 – Реакция СМП на значительное (30 %) снижение питающего напряжения

где $x_r = x_m + x_2'$ – величина синхронного реактивного сопротивления роторной цепи АМ; $x_m, x_2', r_2'^2$ – величины реактивного сопротивления намагничивающего контура, а также реактивного (от потока

рассеяния) и активного сопротивлений роторной обмотки, приведенной к статорной; I_{m0} – величина амплитуды намагничивающего тока в режиме идеального холостого хода ($\beta=0$).

Уравнение механической характеристики АМ при реализации этого закона имеет вид:

$$M(\beta) = \frac{3(I_m^2 x_m)^2 (r_2' / \beta)^2}{2\omega_{0n} [(r_2' / \beta)^2 + (x_2')^2]} \quad (3)$$

Механические характеристики параллельны между собой в широком диапазоне изменения частот, вплоть до максимальных моментов, превышающих номинальный в 4,5 раза.

Формирование величины амплитуды тока статора в функции β реализуется функциональным преобразователем UF, получающим сигнал от сумматора AW2. Последний осуществляет получение сигнала, пропорционального β , поскольку выходной сигнал регулятора скорости AR задает уровень частоты (α) синусоидальных калиброванных (единичной амплитуды) сигналов на выходе преобразователя G («напряжение–частота»), а датчик скорости BR – скорости (v) АМ.

Релейные регуляторы фазных токов (AW3, SC1, UA 1–3) формируют их в соответствии с заданиями по (2).

Регулятор AR повышает точность стабилизации скорости и может быть принят как пропорциональным, так и пропорционально-интегральным. В последнем случае обеспечивается астатическое регулирование.

Кривые основных координат ЭП (i_A, i_B, i_C, M, ω) при пуске и переходе на меньшую скорость показаны на рис. 2.

Электромагнитная совместимость с питающей сетью обеспечивается принудительным формированием синусоидального входного тока преобразователя UM2, который совпадает по фазе с напряжением U сети. Это реализуют релейные регуляторы входного тока и напряжения на конденсаторе C фильтра (UA, UV, SC2). Конденсатор C предварительно заряжается до напряжения, выше амплитудного значения напряжения сети. Чем больше это

превышение, тем точнее и быстрее формируется синусоидальный входной ток на требуемом уровне. Последний формируется, исходя из баланса мощностей (отдача АМ – потребление из сети). Если он сохраняется, конденсатор не меняет своего напряжения. Нарушение баланса приводит к корректировке задания релейному регулятору входного тока отклонением U_C от заданого U_{Cz} . Верхние кривые u, i (рис. 2) демонстрируют реакцию ЭП на изменение режима работы ЭП (потребление энергии при пуске и отдача ее в сеть при переходе на малую скорость). Во всех случаях сохраняется электромагнитная совместимость электропривода с сетью.

На рис. 3 показана реакция ЧТП на значительное (30 %) снижение питающего напряжения сети и увеличение активного сопротивления статорной обмотки. Как следует из рисунка, электропривод не чувствителен к таким возмущениям.

ВЫВОДЫ. Предложенный авторами асинхронный электропривод обеспечивает широкий диапазон регулирования скорости при высокой перегрузочной способности. При этом сохраняется электромагнитная совместимость с сетью и малая чувствительность к действию параметрических и координатных возмущений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов Д.И., Шевченко И.С. Частотно-струмовий асинхронний електропривод, електромагнітно сумісний з мережею живлення // Темат. збірник НТУ «ХПІ» – Харків: НТУ «ХПІ», 2008 – Вип. 30. – С. 233–235.
2. Дрючин В.Г., Самчелев Ю.П., Шевченко И.С., Белоха Г.С. Универсальный преобразователь для электроприводов постоянного и переменного тока // Електротехнічні та комп'ютерні системи. Науково-технічний журнал. – № 3 (79). – С. 312–314.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY-FREQUENCY CURRENT ASYNCHRONOUS ELECTRIC

I. Shevchenko, Yu. Samchelev, V. Dryuchin, G. Bielokha

Donbass State Technical University

prosp. Lenina, 16, Alchevsk, 94202, Ukraine. E-mail: galin.1303@mail.ru

This article describes an electromagnetically compatible with the power network asynchronous electric drive based on the frequency-current converter with serial active power filter. Electric drive has a wide speed range with high overload capacity, low sensitivity to perturbation and significantly simplified control system. The form of the currents in the windings of asynchronous machine is almost sinusoidal.

Key words: electromagnetic compatibility, asynchronous drive, control relay.

REFERENCES

1. Morozov D.I., Shevchenko I.S. and oth. Frequency current asynchronous electric, electromagnetic compatible with the network supply // *Bulletin of the NTU "KhPI"*. – Kharkov: NTU "KhPI", 2008. – Iss. 30. – PP. 233–235. [in Ukrainian]
2. Dryuchyn V.G., Samchelev Yu.P., Shevchenko I.S., Beloha G.S. Universal converter for electro-drives constantly and AC // *Electrical and Computer Systems. Scientific Technical journal*. – № 3 (79). – PP. 312–314. [in Russian]

Стаття надійшла 16.07.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Нізімовим В.Б.