

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЛОЖЕНИЯ Simulink

### Введение

В последнее время наметилась устойчивая тенденция к использованию частотно-регулируемых асинхронных приводов в различных промышленных механизмах. Это обусловлено многими факторами, в том числе снижением потребления энергии при внедрении таких электроприводов. Очевидно, что при этом возникает задача оценки потребления электроэнергии в процессе работы электропривода для обоснования его экономической эффективности. В данной работе рассматриваются вопросы вычисления потребления энергии с использованием приложения Simulink пакета MATLAB. Использование предлагаемой методики в процессе моделирования асинхронного электропривода конкретного механизма позволяет оценить энергию, потребленную из сети, и потери энергии при его работе, т.е. энергетическую эффективность современных систем асинхронного электропривода. Кроме технико-экономического обоснования [1,2], методика вычисления потребленной энергии может также использоваться для проверки выбранного двигателя по нагреву; оба этих применения существенно упрощают процесс проектирования электроприводов.

### Постановка задачи

В задачи разработанного блока вычисления потребления энергии входит:

1. Определение потребляемой из сети энергии за цикл работы при любых режимах работы асинхронного двигателя.
2. Определение потерь энергии в этих режимах.
3. Разделение потерь на потери в статоре и роторе.
4. Определение циклового КПД.
5. Определение мгновенных и средних потерь.

При разработке этого блока учтено, что при разделении потерь на потери в статоре и потери в роторе используется значение сопротивления статора, которое в некоторых случаях может меняться (например, в двухскоростном асинхронном двигателе лифта при переключении на высокополосную обмотку [1]). При синтезе блока не учитываются потери в стали, добавочные и вентиляционные, что понятно при оценке переходных режимов, которые в механизмах циклического действия (например, в подъемно-транспортных механизмах) занимают большую часть времени.

Также необходимо учесть, что блок будет использоваться для определения потребляемой энергии в регулируемом электроприводе, представленном в относительных единицах, при этом уравнения блока претерпят некоторые изменения, приведенные далее.

### Построение блока вычисления потребляемой энергии и потерь

Как было указано выше, при синтезе блока с использованием относительных единиц изменяется уравнение полной мощности, потребляемой из сети [3].

Уравнения для построения блока имеют вид [3]:

Механическая мощность на валу двигателя:

$$P_{\text{мех}} = M \cdot \omega,$$

где  $M$  и  $\omega$  – момент и угловая скорость двигателя.

Полная мощность, потребляемая из сети:

$$P_s = \frac{3}{2} \cdot (U_{sx} I_{sx} + U_{sy} I_{sy}),$$

где  $I_{sx}$ ,  $I_{sy}$ ,  $U_{sx}$ ,  $U_{sy}$  – проекции векторов тока и напряжения статора во вращающейся системе координат.

Баланс мощностей без учета потерь в стали:

$$P_s = P_{\text{мех}} + \Delta P_{s\text{эл}} + \Delta P_{r\text{эл}}.$$

Общие потери из баланса мощностей:

$$\Delta P = P_s - P_{\text{мех}}.$$

Потери в статорных цепях:

$$\Delta P_{s\text{эл}} = R_s I_{sx}^2 + R_s I_{sy}^2,$$

где  $R_s$  – сопротивление статорных цепей.

Потери в роторных цепях:

$$\Delta P_{r\text{эл}} = \Delta P - \Delta P_{s\text{эл}}.$$

Энергия, потребляемая из сети:

$$W_s = \int_0^{T_u} P_s dt,$$

где  $T_u$  – время цикла работы производственного механизма.

Энергия потерь:

$$\Delta W = \int_0^{T_u} (P_s - P_{\text{мех}}) dt.$$

Цикловой КПД как отношение механической энергии к энергии, потребляемой из сети за цикл работы:

$$\eta_u = \frac{W_{\text{мех}}}{W_s} = \frac{\int_0^{T_u} P_{\text{мех}} dt}{\int_0^{T_u} P_s dt}.$$

В случае использования относительных единиц изменится только выражение для потребляемой из сети мощности [3] и для получения энергии в относительных единицах нужно вводить базисную мощность.

Полная мощность, потребляемая из сети:

$$P_s = (u_{sx} i_{sx} + u_{sy} i_{sy}).$$

Приводится реализация этой схемы в приложении Simulink для блока с использованием относительных единиц. Схема блока с использованием абсолютных единиц не имеет принципиальных отличий.

Результаты моделирования

Рассмотрим пример моделирования процесса пуска асинхронного двигателя 4A180S2У3 мощностью 22 кВт при различных способах управления:

1. Векторное управление с ориентацией поля по вектору потокосцепления ротора.
2. Скалярное управление с компенсацией падения напряжения на сопротивлении статора на низких частотах вращения.
3. Прямой пуск асинхронного двигателя.

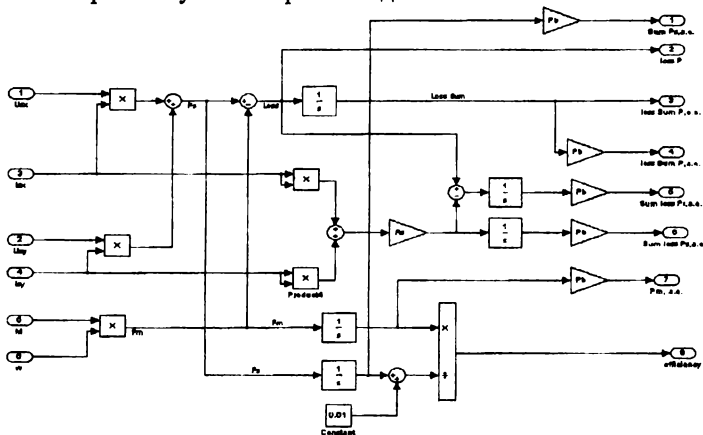


Рис. 1. Структурная схема блока вычисления потребляемой энергии

Для иллюстрации полученных результатов приведена диаграмма, в которой потребляемая энергия и потери показаны в относительных единицах. За 100% принято значение потребляемой из сети энергии при прямом пуске асинхронного двигателя.

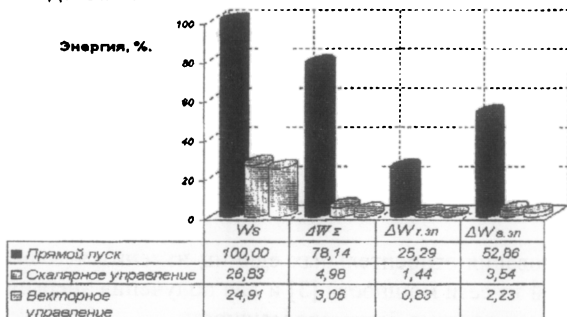


Рис. 2. Диаграмма потребляемой энергии и потерь при пуске асинхронного двигателя с различными способами управления

Как видно из приведенного примера, использование блока вычисления

потребляемой энергии позволяет получить достаточно полные данные для технико-экономического обоснования внедрения новой системы электропривода. При этом для оценки потребления электроэнергии необходимо построить модели сравниваемых систем электропривода. Применение разработанного блока упрощает процедуру расчета потребляемой энергии, поскольку не требует от разработчика дополнительных затрат.

1. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Плотников Ю.В. Об эффективности применения частотно-регулируемого электропривода в подъемно-транспортных механизмах // ВЕСТНИК Национального технического университета "Харьковский политехнический институт". Харьков, 2003.
2. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод кранов / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, И.А. Авербах, Е.И. Барац, Н.В. Кирпичников // Энергетика региона. 2004. №1.
3. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты Екатеринбург: УРО РАН, 2000.