

9. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

9.1 Общие положения

Расчёт переходных режимов необходим:

- для определения времени и характера их протекания;
- для оценки их соответствия требованиям технологического процесса рабочего органа;
- для оценки механических и электрических перегрузок;
- для правильного выбора мощности двигателей, преобразователей и аппаратуры управления.

Переходные процессы электропривода возникают при изменении управляющих и возмущающих воздействий.

На характер переходного процесса оказывают существенное влияние механическая инерция электропривода, жесткость механической передачи, электромагнитная инерция обмоток двигателя и элементов преобразователя.

Поставленные задачи решаются при выполнении:

- расчетов механических и электромеханических переходных процессов момента $M(t)$, скорости $\omega(t)$, скорости идеального холостого хода $\omega_0(t)$, угла поворота вала двигателя $\alpha(t)$ за время цикла;
- проверки на заданную производительность электропривода;
- проверки на перегрузочную способность двигателя и преобразователя;
- расчета среднеквадратичного значения тока (момента) за цикл и проверки на нагрев двигателя, преобразователя и резисторов;
- расчетов энергетических показателей электропривода (механической работы, активной и реактивной энергии из сети за цикл, циклового КПД и $\cos\varphi$).

Расчёты переходных процессов, связанные с оценкой статических и динамических свойств электропривода, начинают с составления дифференциальных уравнений элементов системы электропривода.

Дифференциальные и алгебраические уравнения элементов систем электропривода приведены в Приложении Ж.

9.2 Путь первый. Готовые аналитические решения. Для известных систем электропривода системы уравнений приводятся в Приложении М **аналитические решения** нагрузочных диаграмм электропривода. Если есть возможность использовать эти аналитические выражения для решения поставленных выше задач электропривода, то нужно идти этим легким путем.

9.3 Путь второй. Частотный анализ . Готовые решения часто не позволяют выполнить анализ влияния различных параметров электропривода на конечный результат, приводить результаты расчета к выполнению реальных задач проектирования, в конечном итоге к доступному пониманию переходных процессов в электроприводе. Для изучения работы систем широко используется **частотный анализ** с помощью логарифмических частотных характеристик. Используются особая форма записи дифференциальных уравнений – структурные схемы электропривода. Анализ работы электропривода выполняется с помощью ЛАЧХ, обеспечивается исследование только **качества** переходных процессов.

Структурные схемы элементов систем электропривода приведены в Приложении Ж.

9.3.1 Структурные схемы электроприводов

Структурная схема электропривода включает в себя структурные схемы составных частей: механической части, электромеханического преобразователя энергии, электрического преобразователя и задающего устройства.

Если двигатель получает питание от цеховой сети и управление осуществляется релейно-контакторной системой, процессы пуска и торможения обеспечиваются введением в силовую цепь двигателя добавочных сопротивлений. Изменение сопротивлений в цепи двигателя обычно выполняется с помощью электромагнитных контакторов, включение и отключение которых производят автоматически реле тока, времени, скорости, настроенные на требуемые значения координат электропривода, или вручную оператором.

Структурная схема электропривода при питании двигателя независимого возбуждения от цеховой сети представлена в Приложении Ж (рис. Ж2) и включает в себя структурную схему механической части электропривода и структурную схему электромеханического преобразования, в которой изменяются параметры $T_{я}$, $K_{я}$ структурной схемы при реостатном регулировании.

В структурной схеме используется режим ослабления поля при работе двигателя независимого возбуждения

$$\bar{\Phi} = f(\bar{u}_e)$$

Как видно из структурной схемы, изменение потока вносит существенную нелинейность в виде блоков произведения в математическое описание процессов в цепи якоря, так как

$$\bar{M} = \bar{\Phi} \cdot \bar{I} ; \bar{E} = \bar{\Phi} \cdot \bar{\omega}.$$

Если режим ослабления поля отсутствует, то в схеме отсутствует контур возбуждения, поток $\Phi = \Phi_n$ и исчезают блоки произведения, в результате

$$\bar{I} = \bar{M}, \bar{E} = \bar{\omega}_1.$$

На входе структурной схемы на рисунке Ж3

$$\bar{U} = \bar{\omega}_0.$$

Структурная схема двигателя последовательного возбуждения приведена в Приложении Ж (рис. Ж4). В зависимости от сопротивления в цепи якоря изменяются $K_{я}$ и $T_{я}$.

Структурная схема для рабочего участка механической характеристики асинхронного двигателя при работе от цеховой сети (см. рис. Ж.5 приложения Ж) также включает в себя структурные схемы механической части и электромеханического преобразования энергии. Параметры β и T_s рассчитываются для каждой характеристики.

При пуске электроприводов по системе управляемый преобразователь – двигатель (УП – Д), к которым относятся системы ТП – Д, ПЧ – АД и др., производится изменение (увеличение) управляющего воздействия,

обуславливающее соответствующее изменение напряжения на якорной обмотке двигателя постоянного тока или частоты питания статорной обмотки двигателя.

Структурная схема системы ТП – Д приведена на рисунке 9.1. Использование относительных единиц позволило принять $K_{ТП} = 1$ и управляющее воздействие выразить через $\bar{\omega}_0 = \bar{E}_d = \bar{U}_y$

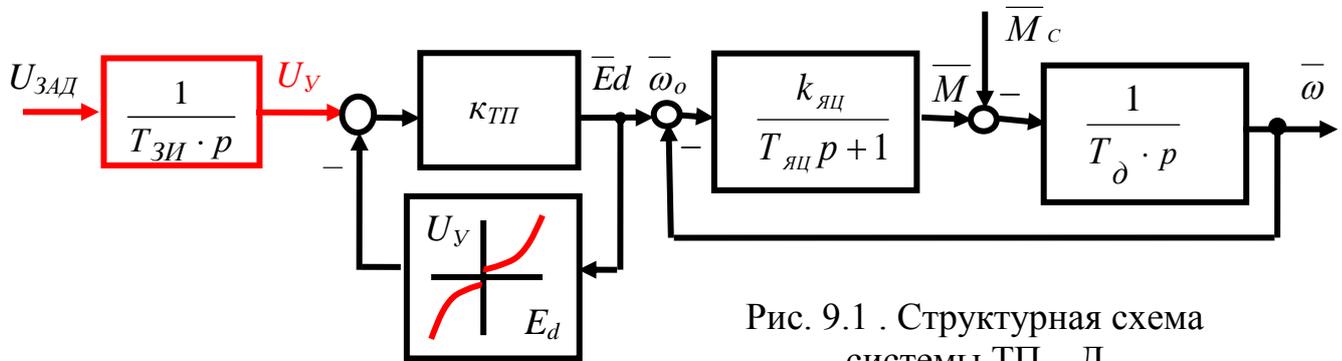


Рис. 9.1 . Структурная схема системы ТП – Д

При торможении таких электроприводов управляющее воздействие снижается, при этом происходит снижение напряжения или частоты.

Управляющим воздействием в электроприводах по системе УП – Д является задающее напряжение. При изменении знака (полярности) задающего напряжения изменяется полярность напряжения на якорной обмотке или порядок следования фаз напряжения на статорной обмотке, вызывая реверсирование двигателя.

Структурная схема системы ПЧ – АД в общем виде сложна. Если допустить определённые ограничения ($\beta = \text{const}$, $M_k = \text{const}$ и др.), то для настройки систем управления можно составить структурную схему для рабочего участка механической характеристики (см. рис. 9.2). Однако при таких допущениях возникают погрешности в расчётах электромеханического преобразования энергии. Отсутствуют способы расчета токов в цепях двигателя. Существенно искажаются показатели нагрева, так как для расчета приходится использовать метод эквивалентного момента, также искажаются энергетические показатели системы электропривода. Поэтому сложность структурной схемы ПЧ – АД зависит от задач, которые с её помощью нужно решать.

Структурная схема ЗИ для участка линейного изменения напряжения (частоты) представлена на рисунке Ж8.

9.4 Путь третий. Интегрирование уравнений. При современном состоянии вычислительной техники и разработанных численных методах – непосредственное решение системы дифференциальных уравнений с подстановкой необходимых параметров. Остается научиться составлять программы расчета переходных процессов для решения конкретных задач исследования.

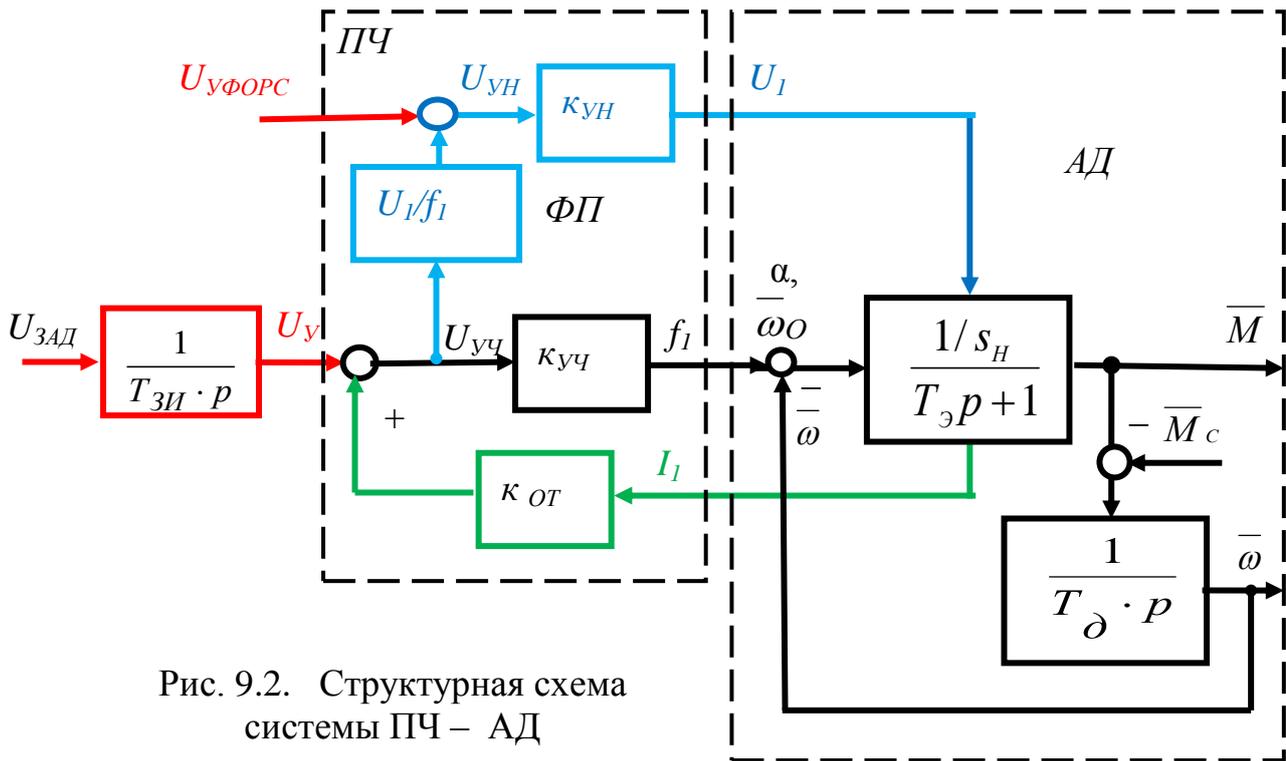


Рис. 9.2. Структурная схема системы ПЧ – АД

Используя дифференциальные и алгебраические уравнения элементов систем электропривода, приведенные в Приложении Ж, и какой – либо из численных методов решения дифференциальных уравнений, составляется программа расчета. В этой программе должны быть решены вопросы, сформулированные в п. 9.1. Пример составления таких программ расчета и готовые программы приведены в Приложении П и [13].

Однако в начале расчета придется определить начальные условия, вытекающие из требований к электроприводу.