

Глотова Ю.Н., Бурковский В.Л., Романов А.В.

ПРОБЛЕМАТИКА АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМАХ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Эффективным способом решения проблемы принятия качественных проектных решений в области электропривода является автоматизированное проектирование с применением программных продуктов, позволяющих выполнить необходимые расчеты энергетических показателей различных режимов работы и сделать правильный выбор из множества альтернативных вариантов, с точки зрения соответствующих критериев.

Правильный выбор двигателя для конкретного технологического процесса – один из важнейших путей обеспечения энергосберегающего режима. В европейской практике принято считать, что средняя загрузка двигателей составляет 0,6, тогда как в нашей стране, где до недавнего времени не было принято экономить ресурсы, этот коэффициент составляет 0,3 – 0,4, т.е. привод работает с КПД значительно ниже номинального. Завышенная мощность двигателя часто приводит к незаметным на первый взгляд, но очень существенным отрицательным последствиям в обслуживаемой электроприводом технологической сфере, – например, к излишнему напору в гидравлических сетях, связанному с ростом потерь и снижением надежности. Основной путь энергосбережения средствами электропривода – подача конечному потребителю – технологической машине – необходимой в каждый момент мощности. Это может быть достигнуто посредством управления координатами электропривода, за счет перехода от нерегулируемого электропривода к регулируемому. Этот процесс стал в последние годы основным в развитии электропривода в связи с появлением доступных технических средств для его осуществления – преобразователей частоты и т.п.

Выбор рациональных в конкретных условиях типов электропривода и способов управления, обеспечивающих минимизацию потерь в силовом канале, – важный элемент в общей проблеме энергосбережения. Ожидается, что переход от нерегули-

руемого электропривода к регулируемому в технологиях, где это требуется, может сэкономить до 25-30% электроэнергии.

Согласно общим принципам проектирования электроприводов, расчет энергетике желательно проводить дважды. Сначала предварительно в качестве входной информации рассматривается желаемые нагрузочная диаграмма (НД) и тахограмма (ТГ) электродвигателя, полученные при расчете механической части ЭП. Рассчитанные в этом случае энергетические показатели служат основой для выбора принципов управления электроприводом, режимов пуска и торможения. Далее, после синтеза системы управления и оптимизации динамических характеристик, анализируя реальные переходные процессы для всего цикла работы, окончательно рассчитывается уточненная энергетика спроектированного привода.

Для двигателя постоянного тока необходим автоматизированный расчет систем «тиристорный преобразователь – двигатель», «генератор – двигатель», «преобразователь с широтно-импульсным управлением – двигатель». Применительно к АД задача усложняется нелинейностью его механической характеристики. Регулирование скорости асинхронных электродвигателей на практике наиболее часто осуществляется изменением параметров роторной цепи; регулированием напряжения статора; переключением числа пар полюсов; вариацией частоты и амплитуды питающего напряжения по заданному закону; применением каскадных схем включения и способов импульсного регулирования.

В качестве выходной информации в программе автоматизированного расчета энергетике ЭП должны определяться для каждого участка нагрузочной диаграммы и за весь цикл работы:

- активная энергия, потребляемая из сети;
- полезная мощность;
- реактивная мощность;
- потери энергии;
- коэффициент полезного действия (КПД) привода;
- коэффициент мощности ($\cos \varphi$).

Кроме этого, желательно осуществить определение эквивалентной мощности, тока, момента, а также проверку электро-

двигателя по нагреву и по перегрузочной способности с построением соответствующих гистограмм.

Соответственно, программное обеспечение (ПО) автоматизированного расчета энергетике должно содержать средства ввода, редактирования и анализа нагрузочной диаграммы и тахограммы, причем для каждого участка рабочего цикла необходимо предусмотреть три возможности ввода исходных данных:

1) укрупнено по точкам участков цикла работы: разгона, статического режима, наброса нагрузки, торможения и т.д. – асимптотические нагрузочная диаграмма и тахограмма;

2) подобно предыдущему варианту, но для случая, когда известны аналитические зависимости динамических характеристик отдельных участков – аналитические НД и ТГ;

3) для реальных переходных процессов, полученных с помощью численных методов расчета или цифрового осциллографа, причем здесь предполагается не ручной ввод данных, а чтение и конвертирование данных из внешнего файла – реальная НД и ТГ.

Формализацию автоматизированного расчета энергетике электропривода удобнее всего представить в виде трехмерной матрицы. Графически ее можно представить в виде куба построенного в трехмерной системе координат x, y, z , где x – тип двигателя, y – тип системы управления, z – режим работы двигателя. Пользователь программы выбирает интересующие его параметры и вводит паспортные данные двигателя, и программа выдает формулы для расчета энергетике и данные для построения тахограммы и нагрузочной диаграммы. В случае выбора пользователем некорректных начальных условий (несоответствие системы управления данному типу двигателя) программа сообщает о невозможности продолжить расчет. Для наглядного пояснения расчета энергетике электропривода за один полный цикл работы исполнительного органа могут быть построены круговые диаграммы, характеризующие процентное распределение потерь энергии в различных режимах работы двигателя. Тем самым пользователю предоставляется возможность выбора оптимального типа двигателя и системы управления, при этом сокращается время расчета энергетике. Основная проблема разработки состоит в том, чтобы наиболее полно представить математическое

описание всех возможных сочетаний параметров выбранных пользователем и избежать некорректных ситуаций возникающих при расчете.

В отчете о рассчитанных параметрах целесообразно использовать не только текстовые данные, но и графику (Рис.1).

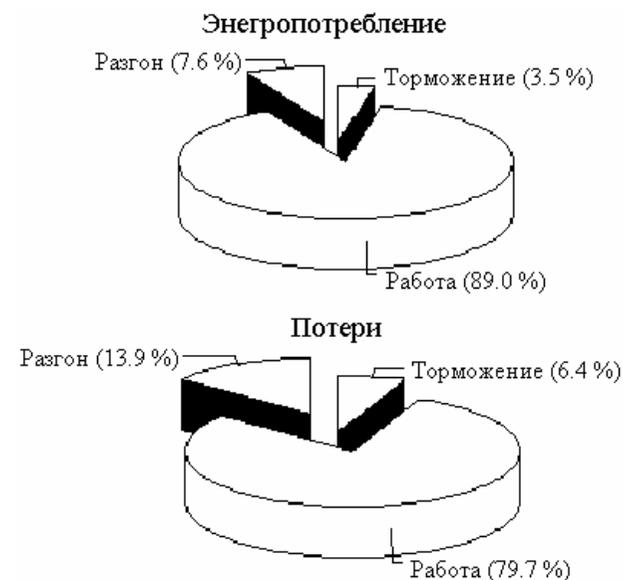


Рис. 1. Графическое представление сравнительных характеристик потерь и энергопотребления в электроприводе.

Такая форма представления результатов расчета возможна для количественных параметров (активная, реактивная, полезная энергии, потери и т.п.). Характеристики качественных параметров (КПД, $\cos \varphi$) и сравнительные характеристики различных вариантов реализации ЭП для повышения наглядности логично представлять в виде столбиковых диаграмм. Возможность сравнительного анализа вариантов расчета требует от ПО поддержки специального формата хранения данных на внешнем носителе.

Результаты расчета энергетических показателей для сравнительного анализа режимов работы электропривода при раз-

личных способах регулирования показаны в таблице 1. Низкий коэффициент мощности при способах управления, предполагающих включение преобразователя в цепь статора объясняется тем, что коэффициент мощности связан с углом отпирания силовых полупроводниковых ключей. Большой коэффициент мощности при импульсном и реостатном управлении получается из-за большего активного сопротивления в цепи ротора.

Таблица 1

Режим	P, Вт	Q, В·Ар	P ₁ , Вт	η, %	cos φ
Пуск					
Сеть – АД	43200	90500	6520	15,0	0,431
РСР	26200	15000	6870	26,0	0,656
ТРН – АД	40000	136000	6520	16,3	0,283
ИРР	29200	21300	6520	22,3	0,808
ПЧ – АД	18700	63400	6520	35,0	0,283
Установившийся режим работы					
Сеть – АД	16100	11700	13000	80,5	0,794
РСР	15600	11100	13000	83,5	0,815
ТРН – АД	19700	27500	13000	66,2	0,588
ИРР	15900	11100	13000	83,5	0,815
ПЧ – АД	18700	27000	13000	70,0	0,588
Торможение					
Сеть – АД	58900	112600	0	0	0,428
РСР	65900	126000	0	0	0,463
ТРН – АД	67100	240000	0	0	0,269
ИРР	39000	11300	0	0	0,815
ПЧ – АД	0	21100	5960	40,0	0,576

Максимальный эффект от использования программного обеспечения возможен только при эксплуатации программы в составе специализированной САПР. Вышеприведенные требования полностью согласуются с общей идеологией функционирования САПР электроприводов.