



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТИ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по одноименной дисциплине

для студентов специальности 1-53 01 05

«Автоматизированные электроприводы»

дневной и заочной форм обучения

Гомель 2006

УДК 62.83(075.8)
ББК 31.291я73
И62

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем ГГТУ им. П. О. Сухого*

Автор-составитель: *С. И. Захаренко*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Промышленная электроника» ГГТУ им. П. О. Сухого
В. А. Карпов

Инженерное проектирование в специальности : **практ. пособие по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»** днев. и заоч. форм обучения / авт.-сост. С. И. Захаренко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 22 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

В практическом пособии приведена модель процесса проектирования и указаны особенности этапов. Подробно рассмотрены и обобщены вопросы технического задания, сравнения вариантов, разработки технической литературы.

Для студентов дневной и заочной форм обучения.

УДК 62.83(075.8)
ББК 31.291я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2006

1. Объект проектирования.

В качестве объекта проектирования для специальности “Автоматизированный электропривод” могут быть устройства:

- блоки автоматики и управления;
- разомкнутый или автоматизированный электропривод исполнительных механизмов рабочих машин;
- схемы управления рабочими машинами и техническими циклами.

Целью проектирования является документация, необходимая для изготовления, монтажа, наладки, испытания и эксплуатации соответствующего устройства. В случае серийного производства должны быть разработаны условия хранения и транспортировки.

Проектирование устройств, предназначенных для серийного производства, производится на основании комплекта действующей нормативно-технической документации на уровне систем государственных стандартов, отраслевых стандартов, методик, руководящих указаний и пр. В соответствии с указанными документами проектированию предшествует предпроектная стадия, на которой проводится: составление исходных технических требований к устройству, патентный и информационный поиск, составление технико-экономического обоснования проекта. При необходимости осуществляются научно-исследовательские работы.

В нашем регионе специалистам приходится проектировать устройства в основном при модернизации основного технологического оборудования и, в отдельных случаях, для вновь создаваемых, как правило, нетиповых рабочих машин и установок. В последнем случае при использовании комплектных типовых узлов в их схемы часто приходится вносить изменения. Сам процесс сориентирован на конкретные технические и экономические условия предприятия-заказчика.

2. Документация, используемая при проектировании.

Для принятия грамотных инженерных решений в процессе проектирования систем ЭП требуется информация:

- о существующих структурах электроприводов, возможных принципиальных решениях, типовых проектах и отдельных частных решениях;
- о технических характеристиках, экономических показателях и условиях поставки комплектующих изделий, ассортименте типовых узлов, стандартных модулей, приборов, шкафов управления и т.д;

- о законодательных актах, постановлениях, стандартах, инструкциях и др. нормативных документах, которые действуют на предприятии или в отрасли, и которые нужно соблюдать и учитывать;
- о подлежащих соблюдению авторских правах;
- о наиболее целесообразном исполнении схематических и конструктивных деталей;
- об опыте разработки, изготовлении, наладки и эксплуатации аналогичных объектов.

Указанная информация изложена в научно-технической литературе и технической документации, в патентах, каталогах и справочниках, в бюллетенях, издаваемых государственными органами, в государственных стандартах. Последние требуются на всех стадиях проектирования.

Для решения задачи проектирования, принятия инженерных решений и выбора оптимальных вариантов, для системного анализа и поиска функциональных структур математическими и методическими средствами используются аналитические и эмпирические модели и методы. Они разработаны в форме методических указаний, методик расчета систем уравнений, таблиц решений, программ для аналоговых, цифровых или гибридных вычислительных машин.

3. Модель процесса проектирования.

Обеспечение разнообразных требований и условий выявляется на разных этапах проектирования, что может привести к изменению ранее принятых решений. Кроме этого могут изменяться приоритеты требований. В результате, даже с помощью средств машинной обработки данных невозможно полностью автоматизировать процесс проектирования. Поэтому главным участником является человек. Его творческий подход характеризуется тем, что он интуитивно связывает друг с другом этапы проектирования и находит оптимальное решение чаще всего итеративным путем. Однако процесс проектирования в определенной мере поддается приближительной алгоритмизации, что позволяет свести к минимуму роль субъективных факторов.

На рис.3.1. представлен алгоритм процесса проектирования. В нем выделено пять рабочих этапов, которые при решении задачи могут встречаться один или несколько раз при итеративном поиске решения.

Обычно при первоначальной постановке задачи указывается цель объекта проектирования и ряд общих требований. Поэтому на первом этапе на основе тщательного анализа производится отбор и упорядочение исходной информации, определение остальных требований и данных, недостающих для качественного решения задачи.

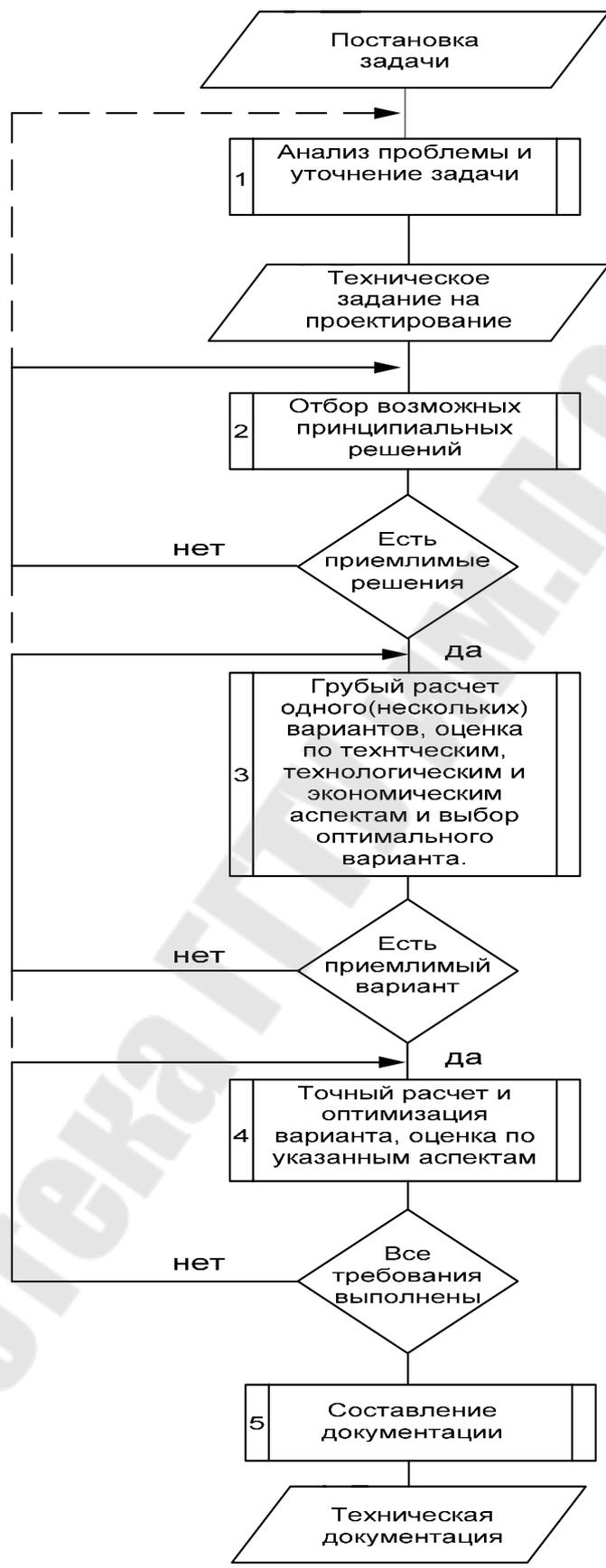


Рис. 3.1. Алгоритм процесса проектирования

Целью этого этапа является определение существенных характеристик системы, конкретное согласование и установление приоритета к показателям качества, соответствующим этим характеристикам, с учетом желаний заказчика, тенденций технического развития и опыта проектирования.

Уточнение технических требований производится на основании анализа взаимодействия системы ЭП с рабочей машиной, сетью и вышестоящим уровнем управления, возмущений, действующих на систему и ее воздействие на внешнее окружение. При этом требования целесообразно разделить на:

- обязательные требования, которые должны быть точно соблюдены, хотя возможны некоторые отклонения из-за допусков (например, плавность регулирования скорости, установочные размеры и т.п.);
- минимальные требования, в отношении которых возможно «перевыполнение», но недопустимо «недовыполнение» (например, точность и диапазон регулирования, К.П.Д. и др.);
- пожелания, т.е. требования, выполнение которых не является строго обязательным и обеспечиваются по возможности, так как они определенным образом влияют на качество системы.

После получения уточненного технического задания на втором этапе проектирования из большого числа принципиальных допустимых решений выбирают одно или несколько с учетом выполнения самых важных требований.

На третьем этапе для выбранных решений производится грубый расчет параметров. Он заключается в выборе и определении параметров двигателей и преобразователей, в выборе структуры и расчете параметров средств автоматизации пуска, торможения и управления по выбранным переменным двигателя или технологического процесса. Производится расчет и оценка ожидаемого влияния на сеть, а также грубый экономический расчет. В заключении все варианты рассматриваются с технической, технологической и экономической точек зрения и выбирается вариант, который лучше всего отвечает требованиям, содержащимся в техническом задании.

На следующем этапе для выбранного варианта производится точный расчет элементов системы и силовой схемы, решают вопросы конструктивного оформления с учетом проблемы изготовления, монтажа, обслуживания и ухода. Учитывается обеспечение максимальной надежности, безопасности в эксплуатации и помехозащитности. Затем повторно анализируют, насколько уточненный проект удовлетворяет поставленным требованиям, и, в случае неудовлетворительного результата, производят корректировку или заново разрабатывают новое принципиальное решение.

При удовлетворительном результате проверки приступают к этапу составления технической документации, необходимой для изготовления системы испытания, монтажа, наладки, эксплуатации и обслуживания.

4. Оценка и сравнение вариантов решения

Как видно из алгоритма процесса проектирования, что возникает необходимость в многократной проверке и сравнении результатов друг с другом. В первую очередь рассматриваются технические, технологические и экономические характеристики.

При оценке технических характеристик (точность и диапазон регулирования выбранных параметров, КПД, надежность и др.) проверяется степень соответствия выбранного решения поставленной цели. Для этого производят сравнение наиболее важных технических показателей с заданными значениями, содержащимися в техническом задании.

При оценке и сравнении технических характеристик системы изучают: в какой степени обеспечивается низкая себестоимость изготовления и одновременно высокая производительность труда. С этой целью выбранные решения можно анализировать со следующей позиции:

- Как велико число используемых стандартных изделий (механических, электронных) по отношению к общему числу всех изделий;
- Каково соотношение затрат рабочего времени на механизированные и автоматизированные работы и общих затрат рабочего времени;
- Каково соотношение затрат времени на конструктивную подготовку при сборке и общих затрат времени на монтаж системы;
- Насколько выдержаны требования стандартов, предписаний, внутривзаводских инструкций, т.е. нормативно-технической документации;
- Насколько эффективно могут быть проведены испытания, монтаж и наладочные работы;
- Насколько сложна система привода, о чем судят по числу повторяемости и сложности элементов и блоков.

Для оценки и сравнения экономических показателей в первую очередь используются затраты, или затраты, отнесенные к какому-либо эксплуатационному показателю. В отдельных случаях, при большом различии капитальных затрат, следует оценить эксплуата-

ционные расходы за срок предполагаемой эксплуатации системы электропривода.

Для количественной оценки важнейших характеристик системы используют так называемый показатель качества Q_i , представляющий уровень обеспечения соответствующего требования. Например,

$Q_i =$	}	<p>5.- требования к i-той характеристике выполнены полностью</p> <p>4.- требования к i-той характеристике выполнены хорошо</p> <p>3.- требования к i-той характеристике выполнены удовлетворительно</p> <p>2.- требования к i-той характеристике выполнены недостаточно</p> <p>1.- требования к i-той характеристике выполнены неудовлетворительно</p>
---------	---	---

На основе этой шкалы можно охарактеризовать степень выполнения каждого требования путем назначения соответствующей оценки.

Например, привод компрессора для пневмосистемы завода с регулированием производительности за счет изменения скорости электродвигателя. Возможные варианты принципиальных решений:

- 1 – тиристорный преобразователь переменного напряжения АД
- 2 – асинхронно-вентильный каскад
- 3 – преобразователь частоты АД.

Оценки ряда характеристик приведены в таблице.

Система/характеристика	1	2	3
1. Диапазон регулирования	2	4	5
2. Влияние на сеть	1	3	5
3. Габариты	3	5	4
4. Капитальные затраты	4	4	1
5. Эксплуатационные расходы	4	3	5

Каждый вариант отличается от другого своими характеристиками в лучшую или в худшую сторону. При оценке экспертами определяется наилучшее решение в зависимости от того, являются ли все характеристики системы равнозначными или их значимость для цели проектирования различна. В первом случае выбор оптимального варианта производится простым суммированием оценок:

$$S = \sum_{i=1}^n Q_i$$

а во втором случае берется взвешенная сумма:

$$S = \sum_1^n Q_i \cdot a_i$$

где весовой коэффициент может быть также назначен по пяти-балльной системе.

$$a_i = \begin{cases} 5.- i\text{-характеристика имеет исключительное значение для цели проектирования} \\ 4.- \text{----- большое} \\ 3.- \text{----- определенное} \\ 2.- \text{----- малое} \\ 1.- i\text{-характеристика незначительна для цели разработки} \end{cases}$$

Если назначены весовые коэффициенты:

Характеристика	1	2	3	4	5
a _i	5	4	2	4	3

При этом получаем:

Система	1	2	3
S	14	19	19
S _a	48	67	72

Таким образом, если все характеристики системы равнозначны, то 2 и 3 варианты систем равноправны. Если характеристики обладают разной значимостью, то 3 вариант является наилучшим.

Можно в процессе проектирования системы проследить за соотношением эксплуатационных показателей и соответствующих им затрат. Для этого ожидаемые затраты соотносят с выбранными техническими характеристиками, т.е. рассчитывают удельные затраты:

$$k = K / t_{\epsilon},$$

где K – затраты; t_ε – взвешенная техническая значимость.

$$t_{\epsilon} = \frac{\sum_1^k a_i \cdot Q_i}{Q_{\max} \cdot \sum_1^k Q_i},$$

где k – число выбранных характеристик; Q_{max} – максимально возможная оценка (для нашего примера Q_{max}=5).

В нашем случае, при указанных ниже затратах (в тыс. ед.), принимая во внимание 1 – 3 и 5-ю характеристики системы, получаются следующие результаты:

Система	1	2	3
К	4,7	4,2	20
Тв	0,68	1,133	0,75
к	6,91	3,71	26,7

Таким образом, 2-й вариант имеет более низкие затраты и она является наиболее оптимальной.

Следует иметь в виду, что задание оценок и весовых коэффициентов зависят от субъективной точки зрения проектировщика, поэтому необходимо очень тщательно подходить к данному вопросу и желательно согласовывать оценки с заказчиком.

5. Разработка технического задания на проектирование

Для уточнения задачи необходим большой опыт и тесное сотрудничество представителей различных специальностей, позволяющее обеспечить четкое и понятное описание трех систем взаимодействия:

- электропривод – рабочая машина;
- электропривод – сеть;
- электропривод – управление (оператор).

Цель анализа систем электропривод – рабочая машина состоит в том, чтобы выяснить, какие процессы движения должен реализовать привод и какие моменты или силы противодействуют движению. Исходя из требований технологического процесса, устанавливают:

- какие переменные (скорость, положение и др.) должны регулироваться и каким образом (непрерывно, дискретно, включено-выключено);
- в каком диапазоне и с какой точностью должны регулироваться переменные;

Рассматривая конструкцию рабочей машины и кинематические цепи, выясняют:

- силы и моменты, действующие в машине и влияющие на электропривод;
- графики, диаграммы, циклограммы работы исполнительных механизмов и электроприводов;
- допустимые значения переменных;
- взаимосвязи, блокировки между отдельными механизмами (механические, электрические, контактные или бесконтактные или иные).

Для регулируемых электроприводов важно определить, какие возмущения являются существенными, в каком диапазоне они должны быть обработаны, показатели качества динамических процессов. Для глубокорегулируемых электроприводов уточняется допустимая неравномерность вращения.

Если неисправность привода может нанести существенный вред технологическому процессу, то можно предусмотреть резервный привод.

При анализе системы электропривод – сеть выделяют параметры сети, которые непосредственно влияют на работу системы электропривода. В результате подключения привода эти параметры могут изменяться. Анализ этого с учетом потребителей позволяет определить условия, налагающие ограничения на структуру и режимы электропривода. Существенными параметрами сети в точке подключения являются:

- номинальное напряжение U_H ;
- длительно допустимое отклонение напряжения от номинального значения;
- номинальная мощность подключаемых агрегатов;
- переходное реактивное сопротивление короткого замыкания X_{K3} ;
- переходная мощность трехфазного короткого замыкания $S_{K3} = U_H / X_{K3}$.

Обычно, в точке подключения сеть предполагается безрезонансной и может быть представлена в виде источника ЭДС и переходного реактивного сопротивления короткого замыкания. Но при параллельной работе активно-индуктивных и емкостных потребителей не исключена возможность резонанса, особенно при наличии вентильных преобразователей с естественной коммутацией. Последние являются генераторами высших гармоник тока.

В связи с широким применением вентильных приводов и учитывая, что от одной сети питаются несколько потребителей, к синусоидальности напряжения сети предъявляются особые требования. На основе анализа гармонического состава можно указать параметры напряжения сети:

- действующее напряжение

$$U = \sqrt{\sum_{v=1}^{\infty} U_v^2} \approx U_1 \cdot \left[1 + \frac{1}{2} \sum_{v=3}^{\infty} \left(\frac{U_v}{U_1} \right)^2 \right],$$

где индекс при U означает номер гармоники;

- коэффициент искажения

$$K_H = \frac{U_1}{U};$$

- коэффициент гармоник

$$K_G = \frac{1}{U} \sqrt{\sum_{v=3}^{\infty} U_v^2} = \sqrt{1 - K_H^2};$$

- коэффициент несинусоидальности

$$\sigma = \frac{1}{U_1} \sqrt{\sum_{v=3}^{\infty} U_v^2} = \frac{\sqrt{1 - K_H^2}}{K_H}.$$

При этом $K_G^2 + K_H^2 = 1$ и $\sigma = \frac{K_G}{K_H}$.

Высшие гармоники должны быть учтены до $v = 13$ для 6-пульсных выпрямительных схем и до $v = 25$ для 12-пульсных.

При расчете параллельной работы вентиляльных электроприводов и компенсационных устройств описывают характеристики временными функциями. В соответствии с рис.5.1 используют следующие параметры:

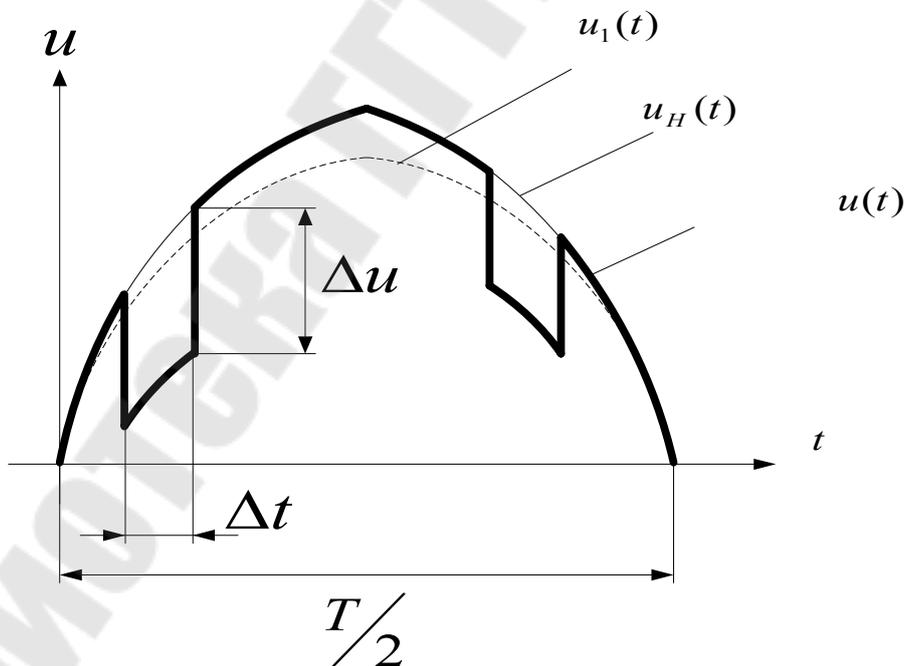


Рис. 5.1. Действительная форма напряжения сети $u(t)$;
 $u_H(t)$ – синусоидальная форма при номинальном значении;
 $u_1(t)$ – 1-я гармоника напряжения

- глубина провала

$$\Delta u = |u_H(t) - u(t)|;$$

- ширина провала Δt ;
- площадь провала $F_v = \Delta u \cdot \Delta t$;
- суммарная площадь провалов напряжения, приходящихся на одну полуволну $\sum_0^{T/2} F_u$;
- относительное значение мгновенного провала напряжения

$$a = \frac{\Delta u}{U_1} \approx \frac{\Delta u}{U_H}.$$

Допустимые значения параметров напряжения приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Параметры	Сеть	Выпрямители	Двигатели	Конденсаторы
Допуски на напряжение	$(0,95 \div 1,05)U_H$	$(0,925 \div 1,05)U_H$, $0,85U_H$ в течении 0,5 с	$(0,95 \div 1,05)U_H$	$< 1,1U_H$
Отклонение от синусоидальной формы	—	$a < 0,5\%$ (без подключения выпрямителя), $0,5U_H$ в течении 1,5 мс	$a < 0,5\%$	—
Отклонение от синусоидальной формы (гармонический анализ)	$\sigma < 5\%$ рекомендовано $\sigma = 0,02 \div 0,03$	$\frac{U_v}{U} \leq c$ до $\nu = 13$ с=0,05 до $\nu = 100$ с=0,01	$K_T = 5\%$	Ограничение действующего значения тока $I \leq 1,3I_H$

Анализ системы электропривод-оператор необходим, чтобы обеспечить эффективность управления и высокую производительность обслуживаемой установки. Для этого необходимо свести к минимуму вероятность ошибочной интерпретации результатов измерений и неправильных действий оператора, что достигается:

- организацией информационного обмена в системе человек-машина с учетом особенностей человека и его психофизических возможностей (осознанно оператор может обработать поток информации в 10-20 бит/с, а время его сенсорно- моторной реакции, т.е. с момента восприятия до ответной реакции, даже после интенсивной тренировки не менее 0,1 с);
- внешние условия работы в системе не должны ухудшать быстроту реакции, внимательность при работе длительное время и снижать способность принятия правильных решений.

Это можно обеспечить:

- рациональным размещением, соответствующим конструктивным оформлением и окраской устройств индикации и управления;
- согласованием конструкций пультов управления с физическими параметрами человека;
- созданием необходимой обзорности, освещенности, температуры в помещении и устранением шума, шороха и других помех, влияющих на внимание и работоспособность.

Кроме указанного в техническом задании должны быть отражены следующие вопросы:

- как должно осуществляться включение приводов – отдельно или группами, непосредственно с места или с пульта;
- требуется ли аварийное включение приводов;
- предусмотрено для приводов резервное питание или аварийное электроснабжение и как происходит переключение – вручную или автоматически;
- какая информация выдается или регистрируется для обеспечения эффективного наблюдения за процессом и быстрого распознавания неисправности в случае аварии;
- какие решения при аварии и какие операции должен выполнить обслуживающий персонал;
- какими должны быть аварийные сигналы (оптическими, акустическими или комбинированными);
- в каких случаях вмешательство оператора должно быть зарегистрировано;
- какие требования безопасности и мероприятия необходимо провести для исключения неквалифицированных или случайных действий оператора.

В техническом задании на проектирование весьма желательно также указать возмущения, действующие на электропривод и его влияние на внешнее окружение. Это необходимо для того, чтобы электропривод отвечал необходимым требованиям в конкретных условиях эксплуатации. С данной целью сначала рассматриваются вопросы, касающиеся поведения привода при различных возмущениях:

- как должна реагировать система на кратковременные допустимые механические перегрузки; с предупреждением или без происходит отключение с выдержкой времени;
- при каких перегрузках должно происходить отключение мгновенно или с выдержкой времени;
- какие статические отклонения напряжения со стороны допускаются и какие допущения со стороны сети возможны на участке подключения;

- какие меры необходимо принять при исчезновении или недопустимом понижении напряжения сети с целью защиты системы привода или во избежание нарушения работы приводимого устройства – отключение или переключение на аварийное питание;
- какие меры и средства необходимо принять для защиты средств обработки информации, входящих в систему электропривода, от воздействия электрических или электромагнитных полей;
- какие внешние воздействия, связанные с эксплуатацией, транспортировкой, хранением и испытанием, должна выдерживать система и на какую степень защиты должна быть рассчитана.

Относящиеся к последнему пункту воздействий типы исполнения, степени защиты, меры по предотвращению загрязнения окружающей среды содержатся в государственных стандартах, например:

- Машины, приборы и другие технические изделия.
- Исполнение для различных климатических регионов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
- Машины электрические вращающиеся. Степень защиты.
- Изделия электротехнические. Исполнение для различных климатических регионов.

При конкретизации технического задания следует также провести анализ воздействий от системы привода с конкретными условиями среды. В частности, в связи с опасностью для обслуживающего персонала электрические и механические воздействия, возможностью пожара или взрыва, облучения высокочастотными электромагнитными полями, влиянием преобразователей на сеть. Для ограничения указанных воздействий следует при проектировании придерживаться предписаний, изложенных в соответствующих государственных стандартах.

6. Разработка технической документации.

На последнем этапе проектирования наиболее важной задачей является разработка структурной и принципиальной схем для выбранного варианта системы электропривода. На их основе составляется остальная техническая документация на изготовление, испытание, наладки и технического обслуживания системы. Качество документации, т.е. однозначность, яркость, обзорность и полнота, имеет существенное значение для эффективности проектирования. Поэто-

му подробности составления этих документов изложены в государственных стандартах, отраслевых и заводских нормалях, в рекомендациях предприятий, выпускающих комплектное оборудование.

К наиболее важным видам технической документации относятся электрические описания, инструкции по испытанию, контролю и обслуживанию.

В соответствии со стандартами и установленными правилами могут разрабатываться структурная, функциональная схемы и схемы электрических соединений.

Структурная схема является обзорной. Она определяет основные функциональные узлы и части изделия, их назначения и взаимосвязи. Ее разработка предшествует разработке схем других типов и используется для общего ознакомления с изделием.

Функциональная схема поясняет определенные физические процессы, протекающие в функциональных частях или во всем изделии в целом. Функциональные части и связи между ними на схеме изображаются в виде условных графических обозначений.

Принципиальная (полная) схема служит для детального пояснения работы установки или устройства. На ней представляется полный состав элементов и связей между ними. На основе принципиальной схемы разрабатываются конструктивные документы (например, схема электрических соединений – монтажная схема). Электрические связи на схеме разделяются на силовые (главные) и управления (вспомогательные). Кроме них показываются элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи. При разработке принципиальной электрической схемы решаются задачи:

- Реализация требуемого закона управления исполнительным механизмом или всей рабочей машиной;
- Выбор элементной базы;
- Обеспечение необходимых электрических соединений компонентов схемы;

При изображении на принципиальной схеме цепей логического управления и сигнализации для облегчения знакомства с работой используют подписи, поясняющие функциональное назначение цепей (например, «местное управление», «вентилятор двигателя М1», «авария» и др.). Электрическим соединениям присваиваются номера в виде цифровых или буквенно-цифровых (например «А2», «315», «1L+»). Если отдельные компоненты схемы имеют зажимы или разъемы с номерами, то они также указываются.

Схема электрических соединений (монтажная схема) показывает соединение составных частей электротехнического устройства: ячеек, блоков, аппаратов и машин, установленных в изделии. Она

составляется в соответствии с принципиальной схемой. Расположение графических обозначений устройств и элементов должно по возможности соответствовать их действительному размещению в изделии. На схеме указывают марки, места прохождения и способы крепления проводов, жгутов и кабелей.

Вместо схемы соединений может выполняться таблица соединений, в которой в виде цифр представлены электрические соединения элементов схемы. Приводятся данные о типе провода, сечении, цвете, указываются основные условия прокладки (например, «витая пара», «измерительные цепи» - для отдельной укладки и др.). При необходимости могут разрабатываться схемы сетей и прокладки проводов и кабелей, схемы размещения электрооборудования.

В инструкциях по контролю и испытаниям необходимо определить все операции, требуемые для проверки работоспособности изготовленных электротехнических изделий (элементы систем, их функциональные узлы, электрический монтаж и системы в целом), и целесообразная последовательность их выполнения. желательно, чтобы инструкция имела следующую структуру:

- Общие замечания;
- Наименование и краткое обозначение объекта;
- Перечень используемых документов;
- Перечень средств контроля и данных, необходимых для контроля и обнаружения неисправностей;
- Указания по оформлению протокола испытаний;
- Указания последовательности выполняемых операций: визуальный контроль, проверка мер защиты, функциональный контроль, контроль электроцепей, контроль изоляции;
- Указания по технике безопасности;

К инструкциям по эксплуатации относятся предписания и руководства по вводу установок, машин и устройств в эксплуатацию, прекращению их эксплуатации, настройке и поддержанию определенных рабочих режимов, по распознаванию и устранению неисправностей, по уходу и ремонту. Рекомендуется следующая программа таких инструкций:

- Сведения об условиях окружающей среды, допускающих гарантийный срок эксплуатации;
- Пояснение устройства и принципа действия обслуживаемого объекта на основе схемотехнических и функциональных средств графического изображения;
- Оценка качества защиты и описание возможных аварий;
- Описание последовательности операций пуска, выхода на рабочие режимы, отключения установки;

- Указания по проведению планового технического ремонта, например, по замене изношенных деталей, контрольным испытаниям датчиков и т.д.
- Описание возможных причин возникновения неисправностей и указывающих на них признаков, а также целесообразных операций;
- Руководство по учету неисправностей с указанием данных, которые должны быть зарегистрированы.

7. Области использования регулируемых электроприводов и преобразователей

При выборе принципиальных решений возможных систем электроприводов руководствуются пуско-регулирующими свойствами с учетом экономических возможностей предприятия- заказчика и надежностными показателями. Для облегчения предварительного выбора руководствуются следующими данными о том, в каких областях имеют наибольшее применение разные системы регулируемых электроприводов и управляемые преобразователи.

1. ШИП-Д. Они применяются для тяговых приводов при питании от аккумуляторных батарей или от контактной сети постоянного тока, а также для быстродействующих электроприводов с высокомоментными двигателями в металлорежущих станках.
2. ТП. Однофазные мостовые полууправляемые применяются для якорных цепей приводов малой мощности при нешироком диапазоне регулирования и низкой точности, для питания обмоток возбуждения в однофазных приводах.

Однофазные мостовые полностью управляемые используются для якорных цепей реверсивных электроприводов малой мощности при диапазоне регулирования скорости до $D=2000$, для питания обмоток возбуждения в двухзонных приводах.

Преобразователи с трехфазной мостовой схемой устанавливают для питания обмоток возбуждения в приводах малой мощности (при низких значениях электромагнитной постоянной времени цепи возбуждения) для уменьшения неравномерности вращения.

Преобразователи с трехфазной мостовой полностью управляемой схемой выпрямления имеют универсальное применение.

3. Система с импульсным регулированием сопротивления в цепи выпрямленного тока ротора АД. Применяются в приводах подъемников малой и средней мощности и для плавного пуска и подрегулирования скорости конвейеров.

4. Асинхронно-вентильный каскад. Используется для электроприводов средней и большой мощности насосов, вентиляторов,

компрессоров, экскаваторов, земснарядов с двигателями низкого и высокого напряжения при диапазоне регулирования скорости $D=5$.

5. ТПН-АД (тиристорный преобразователь напряжения переменного тока – асинхронный двигатель). Применяется в подъемно-транспортных установках и других с повторно-кратковременным режимом работы, а также для вентиляторов.

6. НПЧ-АД. Применяется в подъемно-транспортных машинах для получения низких скоростей.

7. ПЧ(ИТ)-АД. Позволяет регулировать момент АД в переходных процессах, поэтому целесообразно использовать в механизмах с повышенными требованиями к динамическим процессам. Для устойчивой работы в статических режимах требуется отрицательная обратная связь по скорости.

8. ПЧ(ИН)-АД. Широко применяется как для индивидуальных, так и в групповых приводах рольгангов, вентиляторов, насосов, металлорежущих станков и других рабочих машин.

8. Задания на проектирование

Варианты

Задание 1.

Ротационный насос для перекачки нефти на нефтеперерабатывающем заводе $P=130$ кВт; $n=1000$ об/мин; диапазон регулирования производительности – 2;

Задание 2.

Шнек для подачи расплавленного пластика для изоляционной оболочки при изготовлении кабеля: $P=75$ кВт, $n=750$ об/мин, диапазон регулирования производительности – 15;

Задание 3.

Центробежный водяной насос. $P=200$ кВт, $n=750$ об/мин, регулирование производительности – 30 %.

Задание 4.

Привод рольганга трубосварочного стана. $P=30$ кВт, $n=1500$ об/мин, диапазон регулирования скорости $D=2$.

Задание 5.

Центробежный вытяжной вентилятор формовочного цеха (всего 5 шт.). $P=110$ кВт, $n=750$ об/мин, $J=20$ кгм²

Задание 6.

Горизонтальная центрифуга фармацевтического производства (загрузка, выгрузка, центрифугирование суспензии, промывка без остановки машины). $M_{с.ср.}=470$ Нм; $n=750$ об/мин, момент инерции центрифуги и раствора $J_{ц}=80$ кгм², $J_{р}=95$ кгм².

Задание 7.

Подвесной конвейер машиностроительного завода длиной 160 м. Число приводных станций – 3 с ЭД по 6 кВт, $n=1000$ об/мин.

Задание 8.

Поршневой компрессор (2 шт.). $P=200$ кВт, $n=750$ об/мин. суммарная нагрузка в 1-смену 1,65, во 2-ю – 0,85.

Литература

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Ключев и др. ; под ред. А.С.Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990, - 464 с.
2. Смирнова В.И., Разинцев В.И. Проектирование и расчет автоматизированного электропривода. М.: Машиностроение, 1990 – 365 с.
3. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода / Под ред. В.И. Круповича. – М.: Энергоатомиздат, 1982 – 416 с.
4. Ходнев В.В. Комплектные управляющие устройства электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1984 – 320 с.

Содержание.

1. Объект проектирования	3
2. Документация, используемая для проектирования	3
3. Модель процесса проектирования	4
4. Оценка и сравнение вариантов решения	7
5. Разработка технического задания на проектирования	10
6. Разработка технической документации	15
7. Области использования регулируемых электроприводов и преобразователей	18
8. Задания на проектирование	19
Литература	21

ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТИ

**Практическое пособие
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной и заочной форм обучения**

Автор-составитель: **Захаренко Сергей Иванович**

Подписано в печать 14.04.2006.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,3.

Изд. № 174.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на МФУ XEROX WorkCentre 35 DADF
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.