

О. Г. Захаров, инж.

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ РЕЛЕЙНО- КОНТАКТОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

Один из главных способов сокращения продолжительности и трудоемкости настроечных работ — повышение технологичности [1] объектов настройки (ОН), которая складывается из двух компонентов: технологичности настройки и испытаний, зависящих от принятой технологии выполнения операций, оптимальности программ и методик испытаний, состава контролируемых параметров — пассивной настраиваемости [1]; схемной технологичности, характеризующей приспособленность систем к выполнению операций и технологических переходов настройки, которая и рассматривается в данной статье — активной настраиваемости [1].

Идеальным результатом повышения технологичности ОН будет сокращение трудоемкости настроечных работ до нуля, когда после этапа монтажа сразу наступает этап эксплуатации. Для совершенствования схем ОН могут быть выбраны различные пути, однако главное условие — возможность сравнения тех или иных качеств ОН между собой с помощью критериев, выражающих в количественном отношении степень приспособленности схемного решения ОН.

Критерии для оценки активной настраиваемости выбирались по результатам анализа зависимости трудоемкости операций настройки от характеристик схемного решения системы управления. Выделение операций, составляющих технологический процесс настройки, уже проведено [2], поэтому приведем только результаты анализа трудоемкости операций.

Подготовка электрооборудования к настройке может быть в первом приближении принята пропорциональной числу элементов в системе управления.

Проверка правильности выполнения электромонтажных работ, основная часть которой выполняется с помощью технологического перехода «прозвонка» [1], прямо пропорциональна количеству соединительных проводов в принципиальной схеме.

Проверка обмоток электродвигателя зависит только от его типа.

Контроль качества изоляции не зависит от схемной реализации и не может быть сделан любыми техническими и технологическими средствами меньше необходимой для подготовки и проведения одного измерения.

Проверка функционирования и контроль работоспособности аппаратов защиты зависит от типа примененных аппаратов и может быть уменьшена применением специальных технологических и технических решений без изменения схемной реализации системы.

Проверка функционирования системы управления и электропривода зависит от машинного времени, т. е. времени, необходимого на совершение системой управления всех действий, и времени, необходимого для подготовки этой операции, а также степени унификации системы.

Контроль работоспособности электропривода зависит от количества контролируемых параметров и машинного времени.

Регулировка зависит как от числа элементов, параметров которых подлежат регулировке в период настройки, так и от типа этих элементов.

Поиск дефекта в первом приближении может быть принят пропорциональным числу элементов системы управления, количеству проводов в монтажной и узлов в принципиальной схемах.

Таким образом, оказывается, что трудоемкость 7 из 11 операций, составляющих технологический процесс настройки систем управления данного класса зависит от следующих характеристик схемного решения: количества соединительных проводов p в монтажной схеме; количества жил кабелей Q в схеме соединений; количества элементов S принципиальной схемы; числа операций управления, защиты и сигнализации n , выполненных системой; числа узлов q в принципиальной схеме. При этом характеристики p , Q , q связаны с трудоемкостью операций проверка правильности выполнения электромонтажных работ и поиск дефекта, характеристика S связана с трудоемкостью операций подготовка электрооборудования к настройке, регулировка и поиск дефекта, а характеристика n — с трудоемкостью операций проверка функционирования и контроль работоспособности как определяющая машинное время.

На основе анализа трудоемкости настройки обобщенный показатель технологичности St может быть представлен в виде некоторой функции этих пяти характеристик:

$$St = St(p; Q; S; n; q). \quad (1)$$

При увеличении числа операций управления, контроля и защиты неизбежно происходит увеличение числа использованных в принципиальной схеме элементов и соединительных проводов. Поэтому при использовании абсолютных значений выбранных нами величин p ,

Q , S может оказаться так, что системы, выполняющие большее число операций n , будут оценены как менее технологичные. Для исключения такого положения целесообразно оценивать технологичность того или иного схемного решения через относительные величины — частные показатели: эффективность использования элементов в рассматриваемой схемной реализации S/n , определяемую как число элементов, необходимое для осуществления одной операции управления; территориальную разобочность элементов и блоков системы управления Q/q , определяемую числом жил кабелей схемы соединений, приходящихся на 1 узел принципиальной схемы; эффективность использования соединительных проводов в монтажной схеме p/S , определяемую числом соединительных проводов, приходящихся на один элемент.

С учетом этого выражение (1) будет иметь следующий вид:

$$St = St\left(\frac{S}{n}; \frac{Q}{q}; \frac{p}{S}\right). \quad (2)$$

Наиболее просто выбранные частные показатели объединяются в обобщенный показатель, когда в качестве функции (2) выбирается линейное уравнение вида

$$St = b_1 \frac{S}{n} + b_2 \frac{Q}{q} + b_3 \frac{p}{S}. \quad (3)$$

Для нахождения коэффициентов b_1 , b_2 , b_3 зависимости (3) проанализируем релейно-контактные схемы управления асинхронными электродвигателями. Известно, что существуют два различных типа систем управления асинхронными электродвигателями: без реверсирования и с реверсированием направления вращения. Система управления первого типа должна выполнять как минимум пять операций, а именно: пуск; остановку; защиту от перегрузок с помощью электротепловых реле; защиту главной цепи от коротких замыканий с помощью автоматического выключателя; защиту цепей управления от коротких замыканий с помощью предохранителей. Таким образом, $n_1 = 5$. Система управления с реверсированием электродвигателя выполняет дополнительно к перечисленному минимуму еще две операции: пуск при вращении в обратную сторону; защиту от возможного короткого замыкания в главной цепи при одновременном включении двух пусковых кнопок. Поэтому $n_2 = 7$.

В связи с тем, что выбранный обобщенный показатель технологичности не имеет физического аналога, необходимо для нахождения коэффициентов уравнения (3) выбрать схемную реализацию, которую можно было бы считать базовой и принять, что значение St равно для нее некоторой постоянной величине. Положив $St_0 = 1$ и зная характеристики p , S , Q , n , q базовой схемной реализации, можно найти значения коэффициентов b_1 , b_2 , b_3 уравнения (3). При выборе базовой схемной реализации для нахождения значений коэффициентов b_1 , b_2 , b_3 следует учитывать, что она должна (при условии выполнения всех заданных операций) иметь минимальные значения характери-

стик p, Q, S, q . Для схемы на релейно-контакторных элементах, выполняющей $n_1 = 5$ операций, минимальные значения характеристик $p = 21, Q = 6, S = 16, q = 4$ и определяются подсчетом из принципиальной и монтажной схем. Схемная реализация для выполнения $n_2 = 7$ операций характеризуется следующими минимальными значениями: $p = 36, Q = 6, S = 26, q = 13$.

Однако для нахождения трех коэффициентов b_1, b_2, b_3 недостаточно тех двух уравнений, которые можно получить, подставив эти данные в выражение (3). Для получения дополнительных уравнений преобразуем каждую из рассмотренных схем так, чтобы она могла выполнять еще одну операцию, но при этом значения характеристик p, Q, S, q не должны существенно изменяться. Это условие выполняется, если преобразованные схемы дополнительно к рассмотренным будут выполнять такую операцию, как дистанционная остановка электродвигателя. Преобразованные схемы имеют следующие значения характеристик: $p = p_1 + 1; Q = Q_1 + 2; S = S_1 + 1; n = n_1 + 1; q = q_1$. Индексом 1 отмечены значения величин для исходных схем до преобразования.

Используя полученные данные, составим систему уравнений для нахождения коэффициентов b_1, b_2, b_3 :

$$\begin{aligned} 1 &= 3,2b_1 + 1,5b_2 + 1,31b_3; \\ 1 &= 3,71b_1 + 0,462b_2 + 1,38b_3; \\ 1 &= 2,83b_1 + 2b_2 + 1,29b_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Подставив значения коэффициентов b_1, b_2, b_3 , найденные при совместном решении уравнений системы (4), в уравнение (3), получим для обобщенного показателя следующее выражение, связывающее характеристики системы:

$$St = 0,00109 \frac{S}{n} + 0,041 \frac{Q}{q} + 0,708 \frac{p}{S}. \quad (5)$$

Используя полученную зависимость, определим значение St для идеальной схемной реализации, найдя предварительно значение частных показателей. Естественно, что любая схемная реализация при трехфазном питающем напряжении не может иметь меньше трех узлов и трех жил кабелей, соединяющих источник питания с электродвигателем. Поэтому значение частного показателя Q/q для идеальной схемной реализации равно 1.

Из характеристик базовых схем и анализа реальных схемных решений можно сделать вывод о том, что для увеличения числа операций n требуется относительно большее число элементов S , так же как и увеличение числа элементов S требует пропорционально большего увеличения числа соединительных проводов p . В то же время значение частных показателей S/n и p/S с увеличением числа выполняемых схемой операций и используемых элементов уменьшается. Если воспользоваться соотношением, приведенным для преобразо-

ванных схем, то можно определить предельные значения частных показателей S/n и p/S для идеальной схемной реализации:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(S/n = \frac{S_1 + 1}{n_1 + 1} \right) = 1;$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(p/S = \frac{p_1 + 1}{S_1 + 1} \right) = 1.$$

При этих условиях обобщенный показатель технологичности для идеальной схемной реализации

$$St_{ид} = 0,00109 \cdot 1 + 0,041 \cdot 1 + 0,708 \cdot 1 = 0,75.$$

Степень приближения базовых схемных реализаций к идеальной

$$St' = \frac{St_0}{St_{ид}} = 1,33.$$

Обобщенный показатель для простых схем, аналогичных базовым, определяется подстановкой значений характеристик S, n, Q, q, p , найденных из принципиальных и монтажных схем, в формулу (5). Покажем, что эта же формула может быть использована для определения обобщенного показателя технологичности систем управления асинхронными двигателями любой сложности и структуры. Применительно к настройке техническая сложность систем управления рассматриваемого класса определяется общим количеством операций управления, защиты и контроля. Рассмотрим на примере систем с резервированием определение коэффициента технологичности сложных систем управления.

Анализ систем с полным резервированием позволяет заключить, что они состоят из двух самостоятельных подсистем с одинаковым числом однотипных элементов, могущих работать независимо одна от другой и предназначенных для выполнения одних и тех же операций управления, контроля и защиты. Поэтому коэффициент технологичности по формуле (5) вычисляется для числа операций $2n$, где n — число операций управления, контроля и защиты, выполняемых одной подсистемой. Значения остальных величин p, Q, S, q находятся из принципиальной и монтажной схем системы.

При частичном резервировании значения величин p, Q, S, q также находятся из принципиальной и монтажной схем системы, тогда как число операций, подставляемых в формулу (5), находится как сумма $n + k$, где k — количество резервированных операций управления, причем $k < n$. Таким образом, в случае $k = n$ получается рассмотренная система управления с полным резервированием.

Коэффициент технологичности других систем управления, например автоматизированных, определяется аналогично, применительно к общему числу операций, выполняемых ими.

Выводы. 1. Предложен способ оценки активной настраиваемости релейно-контакторных систем управления асинхронными электродвигателями с использованием физических характеристик этих систем. 2. Повышение активной настраиваемости при проектировании может быть сформулировано как задача минимизации обобщенного показателя St при выполнении системой заданного числа операций управления, контроля и защиты.

Список литературы. 1. Захаров О. Г. Настройка аппаратуры и систем судовой электроавтоматики. — Л.: Судостроение, 1975. 2. Захаров О. Г. Настройка судовых электроприводов. — Л.: Судостроение, 1978.

Поступила 23.05.79

УДК 629.12.066 : 621.316.71

Показатели технологичности релейно-контакторных систем управления асинхронными электродвигателями / Захаров О. Г. — Судостроение : Респ. межвед. науч.-техн. сб., 1981, вып. 30, с. 119—123.

Выделены компоненты, составляющие технологичность объектов настройки. Предложена методика оценки технологичности релейно-контакторных систем управления асинхронными электродвигателями с использованием физических характеристик систем. Сформулирована задача повышения активной настраиваемости этих систем при проектировании.

Список лит.: 2 назв.

<i>Заворихин В. А., Косовская Л. В., Негрей С. В.</i> Трехфазные мостовые индуктивно-емкостные преобразователи с совмещенным магнитопроводом дросселя	99
<i>Петрушин В. С.</i> Снижение пульсаций выпрямленных напряжений и токов в гребных электроустановках переменного-постоянного тока	105
<i>Локарев В. И.</i> Особенности синхронизации синхронных генераторов с помощью резонансно-параметрических элементов	108
<i>Локарев В. И.</i> Измерительные органы судовых устройств на резонансно-параметрических элементах	112
<i>Захаров О. Г.</i> Показатели технологичности релейно-контакторных систем управления асинхронными электродвигателями	119

Информ. бланк № 5168

Сдано в набор 28.11.80, Подп. в печать 03.08.81, БР 02326. Формат 60×90^{1/16}. Бумага типогр. № 2
Лит. гарн. Выс. печать. 8,5 печ. л 8,75. кр. отт. 9,01. уч.-изд. л. Тираж 1000 экз. Изд № 5175.
Зак. № 1—200. Цена 1 р. 40 к.

Головное издательство издательского объединения «Вища школа»
252054, Киев-54, ул. Гоголевская, 7

Отпечатано с матриц Головного предприятия республиканского производственного объ-
единения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, 252057, Киев-57, Довженко-3, в Харьков-
ской городской типографии № 16, Харьков-3, Университетская, 16. Зак. 1246.

Министерство высшего
и среднего специального образования СССР
Николаевский ордена Трудового Красного Знамени
кораблестроительный институт имени адмирала С. О. Макарова

СУДОСТРОЕНИЕ

Выпуск 30

*Республиканский межведомственный
научно-технический сборник*

Основан в 1965 г.

Редактор Э. А. Арзунян
Художественный редактор С. В. Анненков
Технический редактор Л. В. Островская
Корректор А. И. Надкренничная