УДК 621.52-83

ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ВАКУУМНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ

Ивашов Е.Н., Панфилова Е.С., Шихов А.И.

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»», Москва, e-mail: eivashov@hse.ru

На основе системной модели ЭМП предложен метод формализации выбора ЭД и типа редуктора, с помощью которого определяют удовлетворяющие требованиям ТЗ электродвигатели и редукторы из их множества.

Ключевые слова: электродвигатель, вакуумная коммутационная аппаратура

THE CHOICE OF MOTOR FOR VACUUM SWITCHGEAR

Ivashov E.N., Panfilova E.S., Shikhov A.I.

The National research university «High school of economics», Moscow, e-mail: eivashov@hse.ru

On the basis of the system model, the EMF method formalization of the selection of ED and type gearbox, with which determine the eligible TK motors and gearboxes from their set.

Keywords: motor, vacuum switchgear

Автоматизация, повышение производительности и надежности вакуумно-технологического оборудования электронной техники, развитие техники эксперимента, ядерных и космических исследований определили качественно новый уровень требований к исполнительным механизмам и, в частности, к вакуумной коммутационно-регулирующей аппаратуре с электромеханическим приводом [1], состоящим из электродвигателя (ЭД) и передаточного механизма – редуктора.

Важным этапом при проектировании технических объектов является выбор вариантов конструкции из множества конкурирующих.

Выбор типа ЭД осуществляется на этапе технического предложения, анализируя техническое задание на привод [2].

К основным типам ЭД относятся – двигатели постоянного тока: с параллельным, последовательным, смешанным и независимым возбуждением переменного ток; асинхронные с короткозамкнутым и полым ротором; синхронные – реактивные, редукторные и с расщепленными полюсами; универсальные и шаговые [3].

С позиции системного подхода оптимальный выбор ЭД определяется отношениями между типами ЭД и системными характеристиками: функцией ЭД – *F*, внешней средой, описывающей условия функционирования ЭД – H_3, условия эксплуатации ЭД – H_2, функциональные и экономические требования – H_1, H_4 и свойствами ЭД – *Z*.

Функция *F* ЭД характеризует вид и характер движения выходного звена: вращательное, линейное, дискретное, регулируемое и нерегулируемое (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5). К условиям функционирования H_3 относятся такие факторы, как вид среды H_{31}, температура H_{32}, влажность H_{33}, давление H_{34}, вид соединения ЭД с внешним объектом H_{35} (фланцевое H_{351}, на лапках H_{352}, специальное H_{353}), ориентация в пространстве H_{36} (ограниченная H_{361}, неограниченная H_{362}) и др.

Эксплуатационные требования H_2 содержат: режим работы H_{21} (длительный H_{211}, кратковременный H_{212}, повторно-кратковременный H_{213}), характер изменения нагрузки H_{22}, ресурс H_{23}, наработку на отказ H_{24}, ремонтопригодность H_{25}, безопасность H_{26} и др.

Функциональными требованиями H_1 являются: мощность H_{11}, частота вращения H_{12}, момент инерции ротора H_{13}, номинальный крутящий момент H_{14}, пусковой момент H_{15}, питание H_{16}, отношение пускового момента к номинальному H_{17}, габариты H_{18}, масса H_{19} и др.

К экономическим требованиям H_4 относятся: стоимость H_{41}, серийность H_{42}, затраты на эксплуатацию H_{43} и др.

Свойства *Z* ЭД включают: частоту питания – Z_1, КПД – Z_2, ток статора – Z_3, ток возбуждения – Z_4, ток якоря – Z_5 и др.

На рис. 1 представлен мультиграф связей при выборе ЭД, в котором вершинами являются тип ЭД и обобщенные факторы выбора, а дугами – отношения между ними.

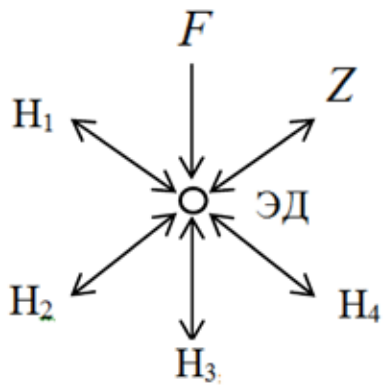

Рис. 1. Мультиграф связей при выборе типа ЭД

Множество типов ЭД – Y находим разбиением признака «способ действия»:

$$Y = \{y_1, y_2, \ldots, y_{10}\}, \quad (1)$$

где y_i (i = 1,2,…,10) – соответственно двигатели постоянного тока с последовательным, параллельным, смешанным и независимым возбуждением; переменного тока асинхронные однофазные, универсальные, трехфазные и тихоходные; синхронные – редукторные и шаговые.

Анализ параметров множества H_i показывает, что существует множество, зачатую противоречивых условий и факторов выбора типов ЭД. Вместе с тем выявлены инвариантные для всех типов ЭД параметры факторов и условий выбора, представленных в табл. 1. Основной задачей при выборе является установление логических зависимостей между типами ЭД и значениями или интервалами значений h_i параметров множеств H_i, то есть необходимо найти такое выражение T, что:

$$T\text{: } hijs\ (H_{ij}) \rightarrow Y_p,\ Y_p\ Y, \subset \quad (2)$$

где i=1,2,3,4, j=1,…,$t(i)$, s=1,…,$r(ij)$, P=1,2,…10.

Формализация выбора типов ЭД осуществлена с помощью таблицы соответствия $T\,(H,\ Y)$ (табл. 1), в которой параметр H_{iy}, имеющий $r(ij)$ значений, представляется $r(ij)$ булевскими переменными X_s (s=1,…, $r(ij)$, где $X_s\ (Y_p)$=1, если $T(hijs)=Y_p$ и $X_s\ (Y_p)$=0 если $T(hijs)\neq Y_p$.

Выбор типа ЭД осуществляется по исходным данным в техническом задании на электромеханический привод, используя разработанную табл. 1, формализующую процедуру выбора. Под I подразумевается выполнение требования данным типом.

Выбор ЭД возможен при его соответствии заданным градациям условий и факторам выбора.

Таким образом, существуют множество, зачастую противоречивых условий и факторов выбора ЭД, поэтому, важное значение имеет анализ их связей с типами ЭД и взаимосвязей между собой. На основе анализа строят табл. 1, представляющую собой булеву матрицу. По столбцам располагаются условия и критерии выбора, по строкам – типы ЭД. Условия и критерии выбора имеют градации, определение которых является одним из трудоемких процессов в связи с необходимостью максимального уменьшения дублирования исходных данных и обеспечения их полноты. Затем в таблице устанавливают логические зависимости между условиями и критериями выбора и типами ЭД: в случае соответствия типа ЭД и градации критерия на пересечении i-го столбца и j-й строки ставится «1» (истина), иначе – «0» (ложь).

Выбор ЭД по значениям параметров его свойств дает некоторое множество ЭД, удовлетворяющих этим значениям, поэтому необходимо провести параметрический анализ, позволяющий определить наилучший ЭД среди всех, удовлетворяющий ТЗ.

Таблица 1

Тип двигателя \ Условия		H_{11}				H_{12}			H_{13}			H_{15}		H_{16}		H_{17}			H_{18}		H_{19}		H_{21}			H_{36}		H_{41}	
		от 1 до 50	от 51 до 100	от 101 до 150	от 151 до 200	$1x10^3$	$2x10^3$	$3x10^3$	от 1 до 10	от 11 до 20	от 21 до 30	постоянное	переменное	50	400	1	1,5	2	М	Ср	М	Ср	H_{211}	H_{212}	H_{213}	H_{361}	H_{362}	М	Ср
Постоянного тока	Последовательного возбуждения	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
Постоянного тока	Параллельного возбуждения	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Постоянного тока	Смешанного возбуждения	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
Постоянного тока	Независимого возбуждения	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
Переменного тока	Асинхронные: Однофазные	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Переменного тока	Асинхронные: Универсальные	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
Переменного тока	Асинхронные: Трёхфазные	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Переменного тока	Асинхронные: Тихоходные	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Переменного тока	Синхронные: Редукторные	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
Переменного тока	Синхронные: Шаговые	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1

В качестве интегрального критерия выбора примем функцию расстояния пространственных критериев:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^{K} K_i \left(Z_{ij} - Z_{in} \right)^2}, \qquad (3)$$

где K_i – коэффициент весомости i-го параметра, показателя качества; Z_{ij} – нормированное значение показателя качества H_i варианта ЭД с индексом j; Z_{in} – нормированное значение показателя качества H_i гипотетической идеальной параметрической модели ЭД. Минимальное значение критерия D соответствует наилучшему ЭД.

Аналогичным образом осуществляется формализация выбора типа редуктора на основе разработанной табл. 2.

Таблица 2

Вид передачи	Передаточное число К.п.д. одной ступени												Относительный габарит	Относительная масса	Относительная стоимость
	2÷4	4÷6	6÷8	10÷50	50÷100	100÷2000	0,4÷0,5	0,5÷0,6	0,6÷0,7	0,7÷0,8	0,8÷0,9	0,9÷0,96			
Цилиндрическая	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Коническая	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1,2	1,3
Планетарная	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0,7	0,9	1,3
Червячная	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1,2	1,04	1,7
Волновая	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0,8	1,1	1,8

На основе системной модели ЭМП предложен метод формализации выбора ЭД и типа редуктора, с помощью которого определяют удовлетворяющие требованиям ТЗ электродвигатели и редукторы из их множества.

Список литературы

1. Львов Б.Г., Шувалов А.С. Техническое обслуживание новой вакуумной коммутационно-регулирующей аппаратуры. – М.: Высшая школа, 1987 – 80 с.

2. Казмиренко В.Ф. Автоматизированное проектирование следящих приводов и их элементов. – М.: Энергоиздат, 1984 – 318 с.

3. Арменский Е.В., Фалк Г.Б. Электрические микромашины. – М.: Высшая школа. – 1985 – 231 с.