

СЕРИЯ ES: ИНТЕРЕС К НОВЫМ РЕДУКТОРАМ НАРАСТАЕТ

А.Е. Кузьмин, заместитель генерального директора ЗАО «НТЦ "Редуктор"»

В своих материалах мы уже не раз рассказывали о продукции серии ES, появившейся на российском редукторном рынке в результате реализации совместного проекта научно-технологического центра «Редуктор» и испанской фирмы Pujol Muntalà.

Важная отличительная особенность этого проекта заключается в том, что впервые в России редукторы европейского уровня качества предлагает не фирма-посредник, работающая по принципу «купил-продал», а известный российский производитель редукторной техники, совмещающий наращивание производства с сервисным и авторским сопровождением продукции в гарантийный и послегарантийный периоды ее эксплуатации, осуществляющий ремонт и модернизацию редукторов, изготовление и поставку зубчатых колес,

запчастей, то есть занимающийся всем тем, что требуется подавляющему большинству российских предприятий, применяющих редукторы и приводы. Так или иначе, но сегодня серией ES интересуется все большее число российских потребителей редукторных приводов, длительное время не имевших иной альтернативы приобретения современных редукторов, чем необходимость обращаться к услугам германских фирм или покупать дешевый итальянский ширпотреб.

Являясь типичными образцами современной редукторной техники, ни в чем не уступающими германским аналогам, редукторы и мотор-редукторы серии ES стали для специалистов большинства промышленных предприятий настоящим открытием: оказывается, кроме именитых европейских редукторных фирм на российском рынке есть произво-

дители, имеющие реальные конкурентные преимущества – максимум качества и надежности выпускаемой приводной техники при умеренных ценах! Именно поэтому редукторы серии ES все шире используются в тех отраслях промышленности, где в целях повышения конкурентоспособности изготавливаемых машин, оборудования, технологических линий предпочтение отдают отечественным, а не зарубежным производителям.

Удобные для монтажа, надежные в эксплуатации редукторы серии ES не оставляют равнодушными многих потребителей редукторного привода. От одних приходят благодарные отзывы о высоком качестве редукторов, от других – вопросы, просьбы что-то уточнить или пояснить. Редакция сочла, что некоторые из вопросов заслуживают внимания всех читателей журнала.

ЗАЧЕМ НУЖЕН ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ РЕДУКТОРА

? В материале о редукторах «Тандем», размещенном в предыдущем номере журнала (№№ 4, 5, 2005 – ред.), приведена информация о том, что они способны передавать мощность до 5000 кВт. Очевидно, что даже при высоком КПД этих редукторов выделяемая тепловая энергия оказывается очень большой. Другими словами, они будут перегреваться – со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В той же статье упомянуто, что при необходимости может быть применено принудительное охлаждение редуктора с помощью вентилятора или дополнительно теплообменника.

Какими же критериями необходимо руководствоваться, чтобы оценить, требуется редуктору выбранного типоразмера дополнительное охлаждение или нет?

Действительно, в упомянутой публикации нет прямого ответа на поставленный вопрос. Мы лишь предложили читателям обратиться к соответствующему каталогу, размещенному на сайте www.reduktorntc.ru, в котором содержится вся необходимая информация на этот счет. Однако затронутый вопрос достоин того, чтобы его рассмотрение было вынесено на страницы журнала, в том числе и потому, что в действующих российских методи-

ках выбора редукторов ничего подобного нет. Значимость решения этого вопроса повышается еще и по той причине, что сегодня российские потребители все больше предпочитают новые, компактные и мощные, редукторы вместо прежних типовых – Ц2Н, Ц2, КЦ1, КЦ2, ВК, ВКУ и др., значительно менее теплонапряженных, поскольку их масса, габариты, а значит и поверхности охлаждения в несколько раз больше, чем у современных редукторов, к разряду которых относятся редукторы серии ES.

Тепловой расчет особо важен для редукторов большой мощности, таких как «Тандем»: без определения необходимости отвода избыточного тепла с той или иной интенсивностью невозможно произвести его правильный подбор, а значит – гарантировать надежную и долговременную работу редуктора.

Именно поэтому выбор редуктора «Тандем» состоит из нескольких основных этапов. На первом из них, используя исходные данные для проектирования привода, предварительно определяют тип редуктора с требуемым передаточным числом и конструктивными особенностями – такими, например, как схема сборки, способ монтажа, рабочее положение в пространстве и т. п. На следующем этапе приступают к выбору конкретного типоразмера редуктора, с учетом эксплуатационных факторов, отражающих фактические условия его эксплуа-



тации и режимы работы. Для этого определяют расчетно-эксплуатационную мощность редуктора по формуле

$$P_{рз} = P_e \cdot K_3, \quad (1)$$

где:

P_e – мощность, потребляемая приводимой машиной, кВт;
 K_3 – эксплуатационный коэффициент, учитывающий фактические условия эксплуатации и режимы работы редуктора.

Коэффициент K_3 , входящий в формулу (1), рассчитывается по формуле

$$K_3 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (2)$$

где:

K_1 – коэффициент характера эксплуатации редуктора;
 K_2 – коэффициент смазки;
 K_3 – коэффициент наличия упругих элементов на валах;
 K_4 – коэффициент реверсивных пусков.

Значения коэффициентов K_1 – K_4 берутся из таблиц, приведенных в разделе «Выбор редуктора “Тандем”» соответствующего каталога.

Определив расчетно-эксплуатационную мощность $P_{рз}$, по таблицам технических характеристик каталога выбирают оптимальный типоразмер редуктора, для которого табличное значение передаваемой мощности P удовлетворяет условию $P \geq P_{рз}$. После этого приступают к следующему этапу – проверке редуктора на нагрев с учетом его термической мощности. Данный этап позволяет уточнить правильность выбора, изменить типоразмер или использовать устройства принудительного охлаждения, если это окажется необходимым в результате проверки. Проверка осуществляется по методике, приведенной в следующей главе.

Табл. 3. Термическая мощность одноступенчатых редукторов

		Типоразмер					
		5Ц-180ES	5Ц-200ES	5Ц-225ES	5Ц-250ES	5Ц-280ES	5Ц-350ES
Место установки редуктора	Скорость потока воздуха, м/с	Термическая мощность редукторов без дополнительного охлаждения (P_{G1}), кВт					
Большие или средние помещения	$\leq 0,3$	129	156	191	244	299	458
Снаружи	1*	155	188	230	294	360	552
Место установки редуктора	Частота вращения входного вала n_1 , мин ⁻¹	Термическая мощность редуктора с вентилятором (P_{G2}), кВт					
Большие или средние помещения	1500	187	226	277	354	433	664
	1000	144	175	214	273	335	513
Снаружи	1500	229	278	340	435	533	816
	1000	178	216	264	338	414	634

Табл. 4. Термическая мощность двухступенчатых редукторов

		Типоразмер					
		5Ц2-180ES 5КЦ1-180ES	5Ц2-200ES 5КЦ1-200ES	5Ц2-225ES 5КЦ1-225ES	5Ц2-250ES 5КЦ1-250ES	5Ц2-280ES 5КЦ1-280ES	5Ц2-350ES
Место установки редуктора	Скорость потока воздуха, м/с	Термическая мощность редукторов без дополнительного охлаждения (P_{G1}), кВт					
Большие или средние помещения	$\leq 0,3$	80	96	118	153	189	286
Снаружи	1*	96	116	142	184	228	344
Место установки редуктора	Частота вращения входного вала n_1 , мин ⁻¹	Термическая мощность редуктора с вентилятором (P_{G2}), кВт					
Большие или средние помещения	1500	112	135	165	214	264	400
	1000	88	106	130	168	208	314
Снаружи	1500	140	168	206	267	330	499
	1000	108	130	159	206	255	386

Проверка редуктора на нагрев

1. Определяем процент использования мощности редуктора по формуле

$$K_p = (P_e : P) \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где:

P_e – мощность, потребляемая приводимой машиной, кВт;
 P – максимальная передаваемая мощность выбранного редуктора, кВт.

2. Определяем необходимость дополнительного охлаждения редуктора, для этого проверяем условие

$$P_e \leq P_{G1} \cdot f_A \cdot f_W, \quad (4)$$

где:

f_A – коэффициент использования мощности (табл. 1);
 f_W – температурный коэффициент (табл. 2);
 P_{G1} – термическая мощность редуктора без дополнительного охлаждения, кВт (табл. 3–6).

Табл. 1. Коэффициент использования мощности (f_A)

Процент использования мощности редуктора (K_p), %	100	80	60	40
Коэффициент использования мощности (f_A)	1	1,04	1,12	1,27

Табл. 2. Температурный коэффициент (f_W)

Температура окружающей среды, °C	Продолжительность включения (ПВ), %				
	100	80	60	40	20
10	1,12	1,18	1,3	1,51	1,93
20	1	1,06	1,16	1,35	1,78
30	0,88	0,93	1,02	1,19	1,57
40	0,75	0,8	0,87	1,01	1,34
50	0,63	0,67	0,73	0,85	1,12

Примечание: ПВ = ($t_H : 60$) · 100 %, где:

t_H – среднее время работы редуктора под нагрузкой в течение 1 час, мин.
 Если время работы редуктора под нагрузкой больше 1 часа, то ПВ = 100 %

Табл. 5. Термическая мощность трехступенчатых редукторов

Место установки редуктора	Скорость потока воздуха, м/с	Типоразмер					
		5Ц3-180ES 5КЦ2-180ES	5Ц3-200ES 5КЦ2-200ES	5Ц3-225ES 5КЦ2-225ES	5Ц3-250ES 5КЦ2-250ES	5Ц3-280ES 5КЦ2-280ES	5Ц3-350ES
		Термическая мощность редукторов без дополнительного охлаждения (P_{G1}), кВт					
Большие или средние помещения	≤ 0,3	61	74	90	117	141	226
Снаружи	1*	73	89	109	141	170	272
Место установки редуктора	Частота вращения входного вала n, мин ⁻¹	Термическая мощность редуктора с вентилятором (P_{G2}), кВт					
		5Ц3-180ES 5КЦ2-180ES	5Ц3-200ES 5КЦ2-200ES	5Ц3-225ES 5КЦ2-225ES	5Ц3-250ES 5КЦ2-250ES	5Ц3-280ES 5КЦ2-280ES	5Ц3-350ES
Большие или средние помещения	1500	82	100	122	158	191	305
	1000	64	78	95	123	148	237
Снаружи	1500	102	125	152	198	238	381
	1000	80	98	119	155	187	299

Табл. 6. Термическая мощность четырехступенчатых редукторов

Место установки редуктора	Скорость потока воздуха, м/с	Типоразмер				
		5Ц4-180ES 5КЦ3-180ES	5Ц4-200ES 5КЦ3-200ES	5Ц4-225ES 5КЦ3-225ES	5Ц4-280ES 5КЦ3-280ES	5Ц4-350ES 5КЦ3-350ES
		Термическая мощность редукторов без дополнительного охлаждения (P_{G1}), кВт				
Большие или средние помещения	≤ 0,3	46	56	69	108	173
Снаружи	1*	56	68	83	130	208

* Если скорость потока воздуха выше, обратитесь за информацией в НТЦ «Редуктор»

Если условие (4) выполняется, дополнительного охлаждения редуктору не требуется; в противном случае следует применить воздушный вентилятор.

3. Проверяем условие

$$P_e \leq P_{G2} \cdot f_A \cdot f_W \quad (5)$$

где:

f_A – коэффициент использования мощности (табл. 1);

f_W – температурный коэффициент (табл. 2);

P_{G2} – термическая мощность редуктора с вентилятором, кВт (табл. 3–6).

Если условие (5) выполняется, то для дополнительного охлаждения редуктора достаточно использовать вентилятор, в противном случае необходимо применить теплообменник радиаторного типа. По вопросу выбора теплообменника обратитесь в НТЦ «Редуктор».

ХОРОШ ДАЖЕ «ПОД ГРАДУСОМ»

? Конструкция оборудования, в котором мы собираемся применить цилиндрический редуктор «Тандем» горизонтального исполнения (12С), требует крепить его с наклоном. Допускается ли такое эксплуатационное положение «Тандема»?

Редукторы «Тандем» горизонтального исполнения (11С-28С) допускается эксплуатировать в наклонном положении. Но при этом следует принять во внимание следующее:

- при больших углах наклона в любой плоскости необходимо обязательно использовать редуктор с принудительной системой смазки;
- при меньших углах наклона редуктор можно эксплуатировать без принудительной смазки, но при этом объем масла, рекомендованный для нормально-

го положения редуктора, требуется увеличить на 15%. Уровень смазки не должен превышать 15% от номинальной величины, иначе смазка начнет нагреваться и это приведет к значительному ухудшению свойств смазывания. Максимально допустимый угол наклона будет зависеть от стороны, куда будет наклонен редуктор:

- до угла в 15°, если приподнята сторона, где находится тихоходный вал;
- до угла в 5°, если приподнята сторона, где расположен быстроходный вал.

При необходимости применения редукторов «Тандем» в нестандартных рабочих положениях обратитесь за консультацией в НТЦ «Редуктор» по тел. (812) 327-2395.

ПРОТИВОРЕЧИЕ, КОТОРОГО НЕТ

? Бросилось в глаза несоответствие информации о технических характеристиках цилиндрических осевых редукторов 5Ц2С-80ES, размещенной на сайте www.reduktorntc.ru, и аналогичных мотор-редукторов 5МЦ2С-80ES, технические характеристики которых приведены в «РиП» №№ 2, 3, 2005, стр. 19. Моменты разные, причем у мотор-редукторов они выше, чем у редукторов. Разве такое может быть?

Вопрос, на первый взгляд, кажется вполне резонным. Однако ответ однозначен: информация о редукторах и мотор-редукторах этого типа, размещенная на сайте и в журнале, не содержит ни ошибок, ни искажений.

Если, например, взглянуть на технические характеристики мотор-редукторов 5МЦ2С-80ES, приведенные в упомянутой статье, и сравнить их с аналогичными характеристиками редуктора 5Ц2С-80ES (табл. 7), можно обнаружить как раз то несоответствие, о котором говорит читатель.

Табл. 7. Основные технические характеристики редукторов 5Ц2С-80ES и мотор-редукторов 5МЦ2С-80ES

Типоразмер	$P_1, кВт$	$T_2, Н·м$	i_R
5МЦ2С-80ES	0,18–9,2	32–693	2,2–45,6
5Ц2С-80ES	1,8–7,5	105–615	2,2–45,6

Однако в таблицах технических характеристик редукторов приведены номинальные значения передаваемых мощностей (P_1) и соответствующие им номинальные значения крутящих моментов (T_2) при различных передаточных числах (i_R), рассчитанные для частоты вращения входного вала (n_1), равной 1440 мин⁻¹. А в таблицах технических характеристик мотор-редукторов указаны значения рабочих крутящих моментов (T_2) не только в зависимости от передаточных чисел (i_R), но и от мощности (P_1) электродвигателя, являющегося неотъемлемой частью конструкции, а также с учетом сервисного коэффициента (f_b).

Табл. 8. Технические характеристики редукторов 5Ц2С-80ES

i_R	$T_2, Н·м$	$P_1, кВт$	$n_2, мин^{-1}$
2,2	105	7,5	655
2,8	134	7,5	514
3,7	177	7,5	389
4,5	201	7,0	320
5,1	211	6,5	282
6,4	245	6,0	225
9,4	329	5,5	153
10,7	313	4,6	135
13,4	350	4,1	107
18,9	445	3,7	76
22,7	506	3,5	63
25,9	544	3,3	56
32,2	615	3,0	45
45,6	523	1,8	32

Табл. 9. Технические характеристики мотор-редукторов 5МЦ2С-80ES (фрагмент)

$n_1, мин^{-1}$	$n_2, мин^{-1}$	$P_1, кВт$	$T_2, Н·м$	i_R	f_b
720	15	0,18	112	45,6	4,7
		0,25	155	45,6	3,4
		0,37	226	45,6	2,3
		0,55	336	45,6	1,5
		0,75	455	45,6	1,1
960	19	1,1	677	45,6	0,77
		0,37	176	45,6	3,1
		0,55	260	45,6	2,1
		0,75	343	45,6	1,5
		1,1	503	45,6	1
1440	31	1,5	693	45,6	0,76
		0,55	165	45,6	3,1
		0,75	224	45,6	2,3
		1,1	331	45,6	1,5
		1,5	448	45,6	1,1
		2,2	657	45,6	0,77

Но поскольку блочно-модульный принцип построения мотор-редукторов серии ES предусматривает возможность использования разных двигателей для одной и той же редукторной части конкретного типоразмера, то и получается, что конструкция редукторной части мотор-редуктора 5МЦ2С-80ES позволяет

крепиться к ней электродвигатели мощностью от 0,18 до 9,2 кВт и добиваться рабочих значений крутящих моментов от 32 до 693 Н·м.

Чтобы лучше понять смысл сказанного, рассмотрим один пример. В табл. 8, 9 приведены технические характеристики редукторов и мотор-редукторов упомянутого типоразмера.

В табл. 8 указаны номинальные значения характеристик редукторов 5Ц2С-80ES, рассчитанные при частоте вращения входного вала (n_1), равной 1440 мин⁻¹ для всех возможных значений передаточных чисел (i_R), а в табл. 9 даны значения характеристик мотор-редукторов 5МЦ2С-80ES с передаточным числом редукторной части (i_R), равным 45,6, рассчитанные для разных значений мощности (P_1) и частоты вращения вала (n_1) двигателя.

Сравнивая таблицы, легко заметить, что одна и та же редукторная часть с передаточным числом (i_R), равным 45,6, и номинальной передаваемой мощностью 1,8 кВт может быть оснащена электродвигателем мощностью от 0,18 до 2,2 кВт с различной синхронной скоростью вращения выходного вала. Это позволяет реализовать три варианта частоты вращения выходного вала мотор-редуктора (15; 19; 31) с требуемым крутящим моментом в диапазоне от 112 до 693 Н·м, хотя номинальное значение этого параметра аналогичного редуктора составляет 523 Н·м.

В то же время в табл. 9 имеется дополнительный параметр – сервисный коэффициент (f_b), отсутствующий в табл. 8. Он показывает величину запаса нагрузочной способности зубчатой передачи мотор-редуктора с двигателем конкретной мощности и частоты вращения выходного вала. Его значение может быть больше или меньше единицы. Например, мотор-редуктор с двигателем мощностью 0,55 кВт и скоростью (n_1), равной 1440 мин⁻¹, будет эксплуатироваться в недогруженном режиме с сервисным коэффициентом (f_b), равным 3,1. Это значит, что его зубчатая передача способна воспринимать эксплуатационные нагрузки, в 3,1 превышающие номинальные и указанные в таблице (165 Н·м), т. е. нормально функционировать в условиях переменного нагружения, в том числе – с наложением динамических нагрузок, с эксплуатационным коэффициентом $K_s \leq f_b$. С другой стороны, мотор-редуктор с двигателем мощностью 2,2 кВт и скоростью (n_1), равной 1440 мин⁻¹, будет эксплуатироваться в перегруженном режиме с сервисным коэффициентом (f_b), равным 0,77. Он способен передавать крутящий момент в 657 Н·м, что выше номинального для редукторов данного типоразмера (523 Н·м; см. табл. 8). Однако применение такого мотор-редуктора вполне возможно в случаях, предполагающих кратковременные режимы работы с малыми значениями ПВ и постоянной нагрузкой.

Таким образом, противоречие, усмотренное читателем, – результат недостаточно внимательного анализа таблиц технических характеристик редукторов (мотор-редукторов) серии ES названного типа.