

ПОВЫШЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ РУДНИЧНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГОРНЫХ МАШИН

Кардаш В.В.

Украинский НИИ взрывозащищенного электрооборудования.

On the basis of the research made analytical dependencies for the determination of heating and overload capacity the mining electric apparatus. The program for the calculation of the temperature of different apparatus elements for any random mode has been written.

При анализе подключенных к рудничному пускателю технологических машин и механизмов [1] выявлено, что наиболее распространенными горными механизмами (установками и машинами), используемыми в промышленной практике, являются забойные скребковые конвейеры (37,5%), магистральные ленточные конвейеры (23,3%), очистные комбайны (20%), насосы (6%), маневровые лебедки, вентиляторы местного проветривания, маслостанции механизированных (шагающих) крепей (2...2,5%). Условия эксплуатации и режимы работы электроприводов (ЭП) и асинхронных двигателей (АД) указанных механизмов различны, однако по основным параметрам они могут быть условно объединены в две группы.

К первой группе (забойное оборудование) могут быть отнесены очистные комбайны, забойные скребковые конвейеры очистных забоев (лав), маневровые лебедки, породопогрузочные машины различных типов. Работа этой группы машин характеризуется повторно-кратковременным S3/S4 и кратковременным режимом S2 с повышенным числом пусков и значительными токовыми нагрузками.

Так как большая часть (~38%) рудничных взрывобезопасных пускателей используется для управления (включения-отключения) АД электроприводов скребковых конвейеров, то в этой связи при создании (выборе) пускателя для управления АД электроприводов забойных скребковых конвейеров необходимо знать режим и условия работы скребкового конвейера, предпочтительный тип АД, количество электроприводов, количество и единичная мощность АД каждой приводной станции (головки), способ соединения приводного АД с редуктором.

Указанное выше в большой степени определяет условия работы рудничных взрывобезопасных пускателей, нагрузку на их силовые электрические аппараты и электрические коммутационные цепи.

В части режима работы АД электропривода скребкового конвейера в [2] указывается, что режим работы электропривода скребковых конвейеров в значительной степени отличается от режимов S1 и S4 и от смешанного режима S1/S3. Различные точки зрения в части оценки режима работы АД электропривода скребковых конвейеров можно отнести на счет неточности методик эквивалентирования фактических и стандартных режимов работы, указанных в [3].

Тенденция к использованию в ЭП скребкового конвейера двух приводных головок (станций), имеющих по одному-два АД, определяет суммарную мощность ЭП, которую необходимо включать-отключать рудничным пускателем, и типоразмер рудничного пускателя, расширяя номенклатуру рудничных пускателей, используемых для управления ЭП скребковых конвейеров, либо (при раздельном пуске приводов) требует двух пускателей, и при сознании важности и необходимости надежной, устойчивой работы скребковых конвейеров очистных забоев делает актуальным создание магнитных станций для управления комплексом технологического оборудования очистного забоя.

Ко второй группе (стационарное оборудование) могут быть отнесены магистральные ленточные конвейеры, участковые водоотливные установки, вентиляторы местного проветривания, маслостанции механизированных (шагающих) крепей.

Работа электроприводов (приводных АД) этой группы установок характеризуется продолжительным S1 [3] и прерывисто-продолжительным S3/S1 режимом. Удельный вес оборудования забойной группы в общем объеме подключаемых технологических машин и установок составляет ~61%, а стационарного оборудования – ~39%.

Рудничные взрывобезопасные пускатели в виде отдельных аппаратов или объединенные в специальные сборки-станции служат для управления оборудованием обеих групп и поэтому предназначены для работы как в продолжительном S1, так и в смешанных S1/S3 (прерывисто-продолжительном) и S3/S4, а также кратковременном S2 режимах.

Коэффициент загрузки рудничных пускателей, рассчитанный как отношение фактически подключенной мощности токоприемника к максимально допустимой для данного типоразмера рудничного пускателя (групп забойного оборудования) составляет 0,36...0,54, а для стационарного оборудования – 0,50...0,64 [4]. Электродвигатели ЭП технологических машин (механизмов, установок) в реальных шахтных условиях эксплуатации вследствие низкого качества напряжения (непрерывных колебаний напряжения в участковых сетях при пусках АД электроприводов и резко меняющихся нагрузок) почти не используются в стандартных номинальных режимах работы, для которых они создавались. Исследования режимов работы РВЭА в реальных

условиях эксплуатации шахт показали, что для рудничных пускателей эти режимы носят случайный характер [1] с существенно изменяющимися значениями тока нагрузки.

Проведенные исследования режимов работы рудничных пускателей, управляющих АД электроприводов основных технологических установок очистного забоя, показали случайный характер токо-временных параметров нагрузки: распределение тока нагрузки подчиняется логарифмическому нормальному закону, продолжительность рабочего цикла – закону Вейбулла [1,5]. Реальному режиму эксплуатации наиболее полно из стандартных режимов соответствует повторно-кратковременный – работа с почти неизменной нагрузкой в течение времени, недостаточного для достижения установившейся температуры, когда периоды работы чередуются с отключениями, продолжительность которых недостаточна для охлаждения рудничных взрывобезопасных пускателей до температуры окружающей среды.

Допустимые значения температур нагрева элементов рудничных пускателей одинаковы в продолжительном и повторно-кратковременном режимах работы [5]. Поэтому при работе в повторно-кратковременном режиме категории применения АС-3 номинальный рабочий ток соответствует номинальному току рудничного пускателя, а в категории применения АС-4 требуется снижение токовой нагрузки присоединений до 40...60% номинальной (ее величина зависит от номинального тока рудничного пускателя).

Экспериментальные исследования в повторно-кратковременном режиме проводились теми же методами и на тех же элементах, что и в продолжительном режиме. В качестве теоретической предпосылки принимались уравнения нагрева и охлаждения для электрических аппаратов [5]:

$$\Delta T_R |_{I \neq 0} = T_{уст} (1 - e^{-t_1/T}); \quad (1)$$

$$\Delta T_P |_{I=0} = T_{уст} e^{-t_2/T}, \quad (2)$$

где $T_{уст}$ – установившееся значение превышения температуры, °С;

t_1, t_2 – соответственно время работы и паузы, с;

T – постоянная времени элемента, с;

I – ток в силовой электрической цепи.

На основании полученных ранее зависимостей выражения (1) и (2) для элементов рудничного пускателя можно представить в следующем виде:

$$\Delta T_R |_{I \neq 0} = b_0 I^{b_1} \{ 1 - \exp[-b_2 (t_{R_i} + t_{R_0})] \} \quad (3)$$

$$\Delta T_P |_{I=0} = b_0 I^{b_1} \exp[-b_2 (t_{P_i} + t_{P_0})], \quad (4)$$

где b_0, b_1 – коэффициенты регрессии для элемента;

b_2 – величина, обратная постоянной времени нагрева элемента, с⁻¹;

t_{R_i}, t_{P_i} – время работы и паузы для данного интервала, с;

t_{R_0}, t_{P_0} – расчетное время работы и паузы, с, определяющиеся из выражений:

$$t_{R_0} = -\frac{1}{b_2} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{P_{i-1}}}{b_0 I^{b_1}} \right); \quad (5)$$

$$t_{P_0} = -\frac{1}{b_2} \ln \frac{\Delta T_{R_i}}{b_0 I^{b_1}}, \quad (6)$$

где $\Delta T_{P_{i-1}}$ – температура i -го элемента в конце предыдущего цикла, °С;

ΔT_{R_i} – температура i -го элемента в момент отключения нагрузки в данном интервале, °С.

При расчете нагрева элементов рудничного пускателя в повторно-кратковременном режиме, используя зависимости (3) – (6), приняты следующие допущения:

- коэффициенты b_0, b_1, b_2 для данного интервала являются постоянными и не зависят от температуры элемента;

- величина тока I принята неизменной на каждом интервале и равной номинальному значению $I_{ном}$ нагрузки при времени работы $t_R \geq 180$ с, а при $t_R < 180$ с ток определяется по формуле:

$$I = I_{НОМ} \sqrt{1 + \frac{36}{t_R}} \quad (7)$$

Пусковой ток принят равным шестикратному номинальному, а время пуска – равным 1 с. С учетом принятых допущений погрешность расчетов не превышает 10%.

В настоящее время рудничные коммутационные аппараты маркируются по номинальному току продолжительного режима работы. Реальные режимы работы только для некоторых токоприемников можно отнести к продолжительному режиму, а для остальных технологических машин и установок, управляемых

рудничными пускателями, более характерен повторно-кратковременный режим работы, характеризующийся определенной продолжительностью включения, продолжительностью нахождения во включенном состоянии управляемого токоприемника. Поэтому выбор рудничного пускателя по номинальному току управляемого АД электропривода связан с недоиспользованием рудничных пускателей по тепловому режиму их силовых токоведущих электрических цепей, элементов управления и защиты.

Рассмотрим, исходя из вышеизложенного, возможности увеличения допустимой токовой нагрузки коммутационного рудничного аппарата при различных режимах его работы. Для расчета используем исходные зависимости для повторно-кратковременного режима работы [5]. Превышение температуры нагрева аппарата относительно окружающей среды для повторно-кратковременного режима можно определить по следующей формуле:

$$\Delta T = T_y \frac{1 - e^{-\frac{t_R}{T}}}{1 - e^{-\frac{t_R + t_p}{T}}}, \quad (8)$$

где T_y – установившаяся температура для данного режима работы, °С;

t_R, t_p – соответственно продолжительность работы и паузы, с;

T – постоянная нагрева, с.

Для преобразования исходной зависимости в выражение (8) введем продолжительность включения ПВ%. Это позволит получить следующее выражение:

$$\frac{I_R}{I_H} = \left(\frac{1 - e^{-\frac{100 \cdot t_R}{T \cdot ПВ}}}{1 - e^{-\frac{t_R}{T}}} \right)^{\frac{1}{b_1}}, \quad (9)$$

где I_R, I_H – соответственно рабочий и номинальный токи аппарата, А;

b_1 – параметр степенной функции.

Полученная зависимость может быть использована для расчета перегрузочной способности рудничных пускателей по току при работе в повторно-кратковременном режиме с заданным временем работы и продолжительностью включения (ПВ%). Исходные данные, необходимые для расчета, приведены в табл. 1. При расчете элементы рудничного пускателя сгруппированы, что сделано исходя из усредненного показателя степенной функции и постоянной нагрева:

Первая группа – вводная силовая проходная шпилька, стыковой (притычной) контакт, контактор;

Вторая группа – проходной и вводной зажимы, разъединитель, подсоединение к разъединителю.

Полученные зависимости (рис. 1) могут использоваться при выборе рудничного пускателя или, исходя из реального режима работы подключенной технологической машины (механизма), – при определении предельно допустимой токовой нагрузки для данного типоразмера рудничного пускателя.

Таблица 1 – Допустимая перегрузка по току групп элементов пускателя

Группа элементов	Параметр степенной зависимости, b_1	Постоянная нагрева, Т, мин.	Продолжительность включения, ПВ%	Допустимая перегрузка по току при длительности работы, мин.				
				5	15	30	45	60
1	1,73	45	10	2,916	2,029	1,514	1,302	1,195
			20	2,245	1,836	1,484	1,298	1,189
			40	1,622	1,484	1,345	1,254	1,169
			60	1,312	1,264	1,205	1,153	1,116
			80	1,127	1,111	1,090	1,073	1,057
2	1,54	60	10	3,561	2,519	1,822	1,512	1,346
			20	2,563	2,141	1,732	1,491	1,340
			40	1,742	1,619	1,470	1,357	1,273
			60	1,368	1,318	1,261	1,215	1,174
			80	1,150	1,132	1,113	1,095	1,083

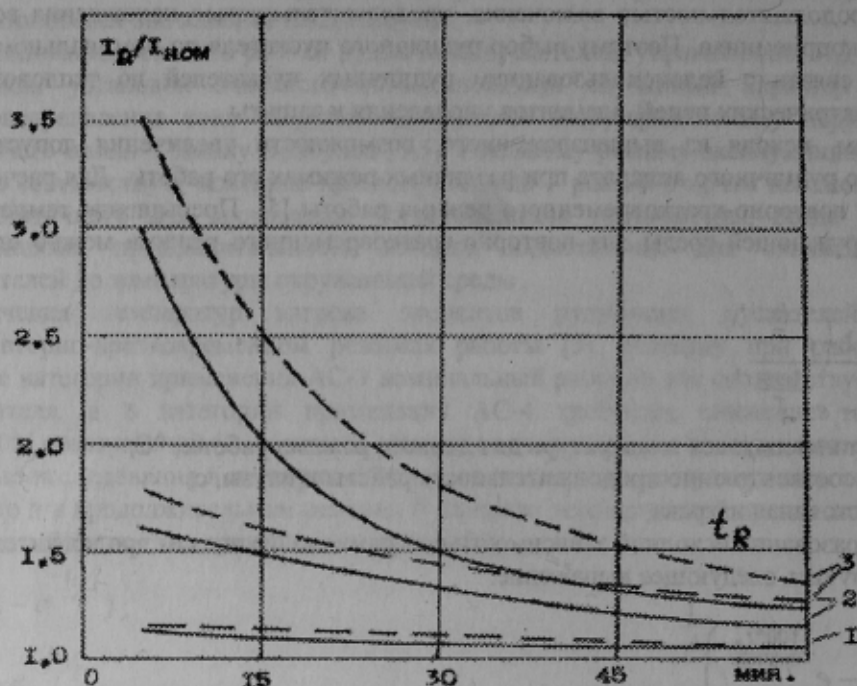


Рисунок 1 – Расчетные кривые допустимого перегруза по току рудничного пускателя ПВИ-250БТ в функции длительности работы при ПВ=80% (1), ПВ=40% (2), ПВ=10% (3) для элементов первой (сплошная линия) и второй (пунктирная) групп.

Выводы.

1. Рассмотрены режимы работы подключенных к рудничному пускателю горных машин и механизмов.
2. Предложен метод расчета нагрева пускателей исходя из реального режима работы.
3. Предложена аналитическая зависимость для определения перегрузочной способности рудничных пускателей при повторно – кратковременных режимах работы.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Кардаш В.В. , Серезентинов Г.В. Вероятностные расчеты электрических нагрузок взрывозащищенных коммутационных аппаратов./ Взрывозащищенные электрические аппараты. Сб. науч. тр. ВНИИВЭ.- Донецк, - 1991.- С. 20- 27.
2. Захарченко П.И. , Каика В.В. , Карась С.В. Концепция создания приводных АД для привода забойных скребковых конвейеров./ Уголь Украины.- №7 (499).- Киев , - 1998. – С. 12 –14.
3. ГОСТ 183-74. Машины элетрические вращающиеся. Общие технические требования. - М.: Изд –во стандартов , - 1982.- С. 43.
4. Антонов В.Ф. , Данилин П.Я. , Хабенко Л.Л. Анализ загрузки шахтных магнитных пускателей./ Повышение надежности и безопасности электроснабжения угольных предприятий : Научные сообщения . - Вып. 231.- М., - 1984 –С. 33 –37.
5. Карась С.В. , Кардаш В.В. Методы теплового расчета и повышение удельной нагрузки рудничных пускателей ./ Сб. науч. тр. ДонГТУ , - 1999. – С. 104-109.