

Литература

1. Хобин В. А. Математическая модель норрии как объекта управления с изменяющимися свойствами. Моделирование процесса заполнения ковшем / В. А. Хобин, И. Н. Кирьязов // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса : 2012. – Вип. 42. – Т. 1. – С. 358–368.
2. Платонов П. Н. Подъемно-транспортные и погрузочно-разгрузочные устройства / П. Н. Платонов, К. И. Куценко // Изд. 2-е, перераб. и доп. – «Колос», М., 1972.
3. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины / М. П. Александров // Учеб. для машиностроит. спец. вузов. – 6-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1985. – 520 с., ил.
4. Зенков Р. Л. Машины непрерывного транспорта / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов // Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : «Машиностроение», 1987. – 432 с., ил.
5. Минина О. М. Определение динамических характеристик и параметров регулируемых процес сов / О. М. Минина // М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 46 с.
6. Хобин В. А. Моделирование рабочих характеристик приводных асинхронных электродвигателей для задач управления загрузкой оборудования / В. А. Хобин, И. Н. Кирьязов // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса : 2011. – Вип. 40. – Т. 1. – С. 228–234.

УДК [621.867.3:622.612]:658.5

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОЧНО-ТРАСПОРТНЫМИ ЛИНИЯМИ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ В ПРЕДАВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

Хобин В.А., д-р техн. наук, профессор
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
Шестопалов С.В.
Компания С-инжиниринг, г. Одесса

Рассмотрены последствия аварийных остановов поточно-транспортных линий, вызванных перегревом приводных электродвигателей их конвейеров. Предложен и описан алгоритм автоматического управления, позволяющий, за счет прогнозирования момента срабатывания тепловой защиты, заметить аварийный останов технологическим.

Consequences of emergency break of line-transport lines, which caused of power-driven electric motor overheat their conveyers are considered. Control automatic algorithm, allowing, due to forecasting of operate moment of protection thermal, to replace emergency break by technological break is suggested and described.

Ключевые слова: перегрузка зерна, поточно-транспортные линия, электродвигатель, перегрев, аварийный останов, технологический останов.

1. Постановка задачи. Процессы перегрузки зерна, реализуемые поточно-транспортными линиями (ПТЛ), составляют основную часть технологических процессов (ТП) предприятий, обеспечивающих его приемку, хранение, переработку (подработку) и отгрузку. У зерновых терминалов, обеспечивающих формирование крупных партий зерна и их отгрузку на железнодорожный, речной и морской транспорт, доля таких процессов максимальна. Время выполнения операции перегрузки и энергозатраты на нее определяются производительностью ПТЛ. Максимально достижимая производительность линии ограничена особенностями конструкции и эксплуатации транспортирующего оборудования ПТЛ – конвейеров различных типов, включая ковшовый конвейер для вертикального транспортирования – норию. При ее превышении возникают аварийные ситуации (АС), когда дальнейший процесс перегрузки становится невозможен из-за угрозы перерастания АС в аварию. Такие угрозы ликвидируют специальные устройства аварийной защиты, отключающие конвейер, где возникла АС, и все предшествующие ему конвейеры в аварийном режиме, т.е. без их разгрузки от транспортируемого материала.

Для рассматриваемых ПТЛ существуют два типа АС, связанных с превышением их допустимой производительности. Первый тип АС связан с возникновением завала рабочего пространства из-за превышения допустимого значения его *объемной* производительности. В этом случае для аварийной защиты приводного электродвигателя (ПЭД) этого конвейера и предотвращения развития завалов датчики-реле подпора отключают ПТЛ в аварийном режиме конвейера (событие $S^{ДП}$). Принципиальная особенность ПТЛ, включающих в себя норрии, заключается в том, что именно норрии, как правило, являются их «узким местом» по объемной производительности. В [1, 2] были разработаны принципы эффективного управления ПТЛ, которые позволяют определять ее максимально допустимую загрузку и стабилизировать такую

загрузку в изменяющихся условиях эксплуатации, гарантируя при этом предотвращение $S^{ДП}$.

Второй тип АС связан с перегревом ПЭД одного из конвейеров ПТЛ из-за его перегрузки по *массовой* производительности. В этом случае аварийная защита ПЭД реализуется на основе реле его температурной (тепловой) защиты, которая отключает ПТЛ в аварийном режиме (событие $S^{ТЗ}$). Отметим, что вероятность возникновения такого типа АС будет значительно повышаться при работе ПТЛ в режимах экстремальных нагрузок и в случаях, когда предприятия, экономя энергетические и финансовые ресурсы, будут заказывать конвейеры с такой установленной мощностью их ПЭД, которая не будет существенно превышать ее значение, полученное в результате тягового расчета конвейеров.

2. Аварийное отключение ПЭД конвейеров как основной фактор снижения их надежности

В качестве ПЭД конвейеров используются асинхронные электродвигатели (АД) – самые распространенные электрические машины. Они имеют относительно простую конструкцию, что обуславливает их высокую долговечность при эксплуатации в штатных режимах. Так, для современных АД ресурс работы с вероятностью 0,9 составляет 20 тысяч часов, а вероятность безотказной работы за время 10 тысяч часов достигает 0,95 [3, 4].

Вместе с тем, нарушение требований к эксплуатации АД может резко сократить их ресурс. Практика показывает, что 85...95 % отказов АД происходит из-за повреждения обмоток статора (для рассматриваемых нами АД они всыпного типа), до 5 % – из-за повреждения подшипников [3, 4]. В таких обмотках 93 % отказов приходится на межвитковые замыкания, 5 % – на повреждения межфазовой изоляции, 2 % – на повреждения корпусной изоляции.

Непосредственной причиной межвитковых замыканий являются коммутационные перенапряжения, возникающие в обмотке статора при переходных процессах. Наиболее опасными являются процессы, возникающие при отключении АД, работающих под нагрузкой [5, 6]. Возникающие при этом импульсные перенапряжения могут достигать десятикратных значений по отношению к напряжению питания. Следует также отметить, что значения коэффициента перенапряжения имеют случайный характер, а закон их распределения – двумодальный. Наличие двух максимумов в распределении обуславливается существованием двух колебательных контуров: один образуется межвитковой емкостью и индуктивностью обмотки, другой – индуктивностью и емкостью обмотки относительно заземленного корпуса двигателя. С увеличением габарита машины кратность перенапряжения возрастает [6].

Опасность последствий возникающих перенапряжений возрастает по мере старения изоляции обмоток АД, при которой уменьшается ее электрическая прочность. Основные факторы, ускоряющие старение изоляции двигателей: а) перегрев обмоток; б) механические нагрузки на обмотки; в) воздействие влаги и химически активных сред.

Перегрев обмоток АД связан, прежде всего, с их перегрузкой со стороны рабочей машины (в нашем случае – конвейера). Однако это является не единственной причиной – при номинальной нагрузке перегрев будет возникать при снижении напряжения и частоты питающей сети, при значительных колебаниях тока нагрузки относительно номинального значения. Непосредственная причина перегрева – превышение тока нагрузки двигателя выше номинального значения. Следует отметить, что опасны только достаточно длительные перегревы, т.к. современные АД имеют значительный запас теплостойчивости (способность изоляции обмоток сохранять свои свойства при относительно кратковременном нагреве), [7].

Источниками механических воздействий на обмотки являются силы, возникающие при: а) электромагнитном взаимодействии витков обмоток при протекании по ним тока (электродинамические силы); б) нагреве и охлаждении обмоток (термомеханические силы); в) толчках и ударах со стороны рабочих машин, при неуравновешенности вращающихся механических узлов, как АД, так и рабочей машины (механические силы).

Электродинамические силы имеют циклический знакопеременный (вибрационный) характер, причем типичной является вибрация с частотой 100 герц, вызываемая электродинамическими силами. При пусках и реверсах АД, торможении ее ротора со стороны рабочей машины, амплитуды этих вибраций возрастают в десятки раз вследствие увеличения тока в обмотках, вплоть до восьмикратного, и квадратичной зависимости электродинамических сил от величины тока. Термомеханические силы, связанные с различием коэффициентов теплового расширения материалов изоляции и проводников АД, вызывают образование трещин в изоляции, расслоение и смещение ее слоев относительно друг друга. Термомеханические процессы активизируются при работе АД при пусках, торможении, т.е. в режимах, сопровождающихся тепловыми ударами.

Воздействие влаги и растворенных в ней химически активных сред резко интенсифицируют процесс старения изоляции АД. Влага проникает в изоляцию главным образом в те периоды, когда идет процесс остывания АД после выключения. Это обуславливается снижением давления воздуха в порах и капиллярах (трещинах, отслоениях, границах смещения слоев других микродефектах) обмоток при снижении его

температуры, вследствие этого – «подсоса» влажного воздуха и конденсации из него влаги. Под ее действием происходит гидролитическое разрушение изоляционных материалов, заключающееся в разрушении полимерных цепей. Периодическое проникновение влаги и ее удаление увеличивает пористость изоляции. Эти процессы развиваются параллельно с другими явлениями старения и взаимно стимулируют друг друга. Кроме этого влага снижает сопротивление изоляции и ее электрическую прочность, создавая тем самым предпосылки для появления токов утечки, частичных разрядов и других явлений, которые увеличивают вероятность ее пробоя [6, 8].

Анализ показывает, что аварийные отключения ПЭД конвейеров, которыми являются АД, и, прежде всего, их отключения реле температурной (тепловой) защиты, имеют крайне негативные последствия для их надежности. Причины этого следующие: а) коммутационные перенапряжения на обмотках ПЭД при аварийных остановах конвейеров из-за перегрева будут стремиться к своим максимумам, т.к. ПЭД в момент отключения всегда работают с перегрузкой по току, превышающей допустимую; б) электродинамические силы в обмотках ПЭД при остановке конвейеров будут очень большими, т.к. торможение их максимально нагруженных рабочих органов происходит очень быстро; в) термомеханические силы при отключении ПЭД из-за высокой скорости уменьшения тока, греющего проводники, будут значительными.

Пуски конвейеров после их аварийной остановки также очень сильно снижают надежность ПЭД и всех механических узлов конвейеров, включая ленты. Все варианты конвейеров, как рабочие машины ПЭД, при пуске создают для него нагрузку с характеристиками экскаваторного типа [4]. Этот очень тяжелый для ПЭД характер нагрузки дополнительно осложняется, в особенности для длинных конвейеров, знакопеременными силами упругости лент (как правило, резинотканевых). Ситуация усугубляется, если пуск конвейера осуществляется после аварийного останова, когда его рабочий орган был не полностью разгружен от сыпучего материала. Тогда, при максимальном сопротивлении со стороны рабочих органов конвейера, его пуск растягивается во времени, в течение которого пусковые токи ПЭД, многократно превосходящие номинальный ток, создают максимально сильные электродинамические и термомеханические силы.

Таким образом, защищая изоляцию обмоток ПЭД (АД) от разрушения из-за перегрева, температурная (тепловая) защита, реализуя свои функции, ускоряет ее деградацию из-за высоких перенапряжений, электродинамических и термомеханических сил, резкой активизации процессов, связанных с воздействием на нее влаги. Кроме того, перенапряжения при аварийных отключениях ускоряют деградацию силовых контактов пускателей, отключаемых ПЭД, а остановки конвейеров в таком режиме, т.е. без их предварительной разгрузки, приводят тому, что рабочие органы остановленных конвейеров остаются заполненными зерном, которое перед новым пуском ПТЛ необходимо убрать (вручную).

3. Особенности температурной защиты электродвигателей

В зависимости от источника информации о температурном режиме обмоток ПЭД существующие устройства защиты могут быть подразделены на устройства прямого и косвенного измерения.

Устройства прямого измерения используют чувствительные элементы температуры обмоток, которые размещаются внутри корпуса двигателей в зонах, где нагрев является наиболее сильным (лобные части обмоток) [3, 4, 9]. Обычно используются три чувствительных элемента, размещаемых под углом 120° напротив лобных частей трех обмоток статора, которые включаются последовательно. При этом информация о температуре в точках измерения осредняется. При достижении температуры обмоток недопустимых значений включается соответствующее реле, которое своими контактами размыкает цепь питания пускателя и отключает электродвигатель от сети. Такие устройства часто называют устройствами встроенной температурной защиты (УВТЗ) [10].

Устройства защиты с косвенной оценкой температурного режима работы двигателей в качестве чувствительного элемента используют нагревательный элемент, по которому протекает фазный ток питания АД. Нагревательный элемент меняет температуру биметаллической пластины, которая при определенных значениях степени прогиба размыкает контакт, через который питается обмотка пускателя. Количества теплоты, выделяемые в нагревателе устройства защиты и в соответствующей обмотке статора двигателя, будут прямопропорциональны, т.к. по ним течет один и тот же ток. Для того, чтобы по температуре биметаллической пластинки (ее степени прогиба) можно было бы судить о температуре обмоток двигателя, выбором конструкции устройства защиты обеспечивают соответствие тепловой инерционности двигателя и нагревателя защиты. По сути дела нагреватель устройства защиты является физической моделью обмотки электродвигателя по каналу «ток обмотки – средняя температура обмотки». Такие устройства называют реле тепловой защиты (РТЗ) или сокращенно тепловыми реле [11]. Именно на основе РТЗ реализуется защита от перегрева ПЭД конвейеров. Динамические свойства (тепловая инерция) РТЗ отражаются токовременными (время-токовыми) характеристиками, которые определяют время срабатывания реле от кратности тока перегрузки либо от кратности тока по отношению к току несрабатывания.

Эти характеристики могут даваться для двух исходных установившихся температурных режимов двигателя (его РТЗ) – соответствующих току холостого хода защищаемого двигателя и его номинальному току либо только для одного – соответствующего номинальному току.

РТЗ интенсивно развиваются. В настоящее время помимо аппаратных средств такой защиты, которые реализуют модель защищаемого ПЭД как теплового объекта в физической (аналоговой) форме, все чаще используются программные средства, которые используют эту модель в математической форме, «просчитывая» ее численными методами на контроллере. Использование математических моделей (ММ) существенно расширяет возможности для управления защитой ПЭД. Наиболее интересная из этих возможностей – прогнозирование, в той или иной форме, момента срабатывания реле защиты [12]. В современных, серийно выпускаемых системах управления электроприводом SIMOCODE [13] такая возможность реализована – из контроллера можно вывести значение времени, остающееся до момента срабатывания, т.е. до события S^{T3} . При этом отметим, что используемые в SIMOCODE ММ тепловой защиты и алгоритмы прогнозирования являются предметом «ноу-хау» фирмы Siemens, а сама эта функция является платной опцией.

4. Цель и концепция управления ПТЛ в условиях экстремальных нагрузок

Существующие системы автоматического управления (САУ) ПТЛ реализуют следующие функции логического (т.е. использующего в алгоритмах только булевы переменные) управления и контроля: а) *технологический пуск* ПТЛ, в ходе которого осуществляется последовательный, против хода сыпучего материала, с задержками по времени, пуск всех конвейеров перед началом его транспортирования; б) *технологический останов* ПТЛ, в ходе которого осуществляется последовательный, по ходу сыпучего материала, с задержками по времени, останов всех конвейеров для окончания его транспортирования; в) *контроль* возникновения АС в работе каждого из конвейеров, в частности, связанных с перегревом их ПЭД; г) *аварийный останов* ПТЛ, в ходе которого осуществляется аварийный останов того из конвейеров ПТЛ, где возникла АС, в частности ПЭД которого перегрет, и одновременный аварийный останов всех предшествующих ему конвейеров.

Цель предлагаемого совершенствования систем логического управления ПТЛ – предотвращение аварийных остановов ПТЛ, обусловленных перегревом ПЭД конвейеров, и, за счет этого, обеспечение возможности безаварийной работы в максимально эффективных режимах, т.е. в режимах экстремальных нагрузок. Концепция такого управления состоит в *упреждающем* отключении конвейера, перегрев ПЭД которого начал приближаться к своему предельному значению, и всей ПТЛ, заменив при этом ее аварийный останов технологическим.

Таким образом, в соответствии со сформулированной концепцией, в системе логического управления ПТЛ должна быть реализована дополнительная (новая) функция – функция предотвращения аварийных остановов ПТЛ из-за перегрева ПЭД ее конвейеров.

5. Описание и особенности алгоритма реализации функции предотвращения аварийных остановов ПТЛ из-за перегрева ПЭД

Реализация указанной функции дополнительно предполагает: а) *измерение (чтение)*, при наличии специальной опции расчета [13], или вычисление по тепловым моделям РТЗ значений непрерывно изменяющихся интервалов времени от текущего момента до прогнозируемых моментов превышения допустимого перегрева и, значит, аварийного отключения ПЭД; б) *сравнение* значений этих интервалов времени с величиной суммы задержек по времени, которые установлены на отключение каждого конвейера и всех предшествующих ему конвейеров в режиме технологического останова; в) *технологический останов* линии в случае, если хотя бы для одного из конвейеров интервал времени, оставшийся до момента его аварийного останова, становится равным или меньшим соответствующей суммы этих задержек.

Важно, чтобы момент времени для выдачи команды на такой технологический останов ПТЛ был бы максимально обоснован. Возможны два варианта необоснованного времени выдачи такой команды: задержка и преждевременная выдача команды. *Задержка* команды на технологический останов ПТЛ не даст возможности всем конвейерам завершить разгрузку своих рабочих органов и подготовиться к отключению. Поэтому, фактически, остановка конвейеров с неразгруженными рабочими органами частично будет проводиться в режиме аварийного останова и иметь для ПЭД неразгруженных конвейеров те негативные последствия, которые описаны выше. *Преждевременная* команда на технологический останов ПТЛ означает не только то, что линия проработала без остановки меньше времени, чем могла бы. Такая разница во времени, которая всегда несоизмеримо меньше полного времени работы линии для выполнения операции транспортирования, не снизит эффективность ее работы при условии, что такая команда оказалась обоснованной. Но, важно, что обоснованность преждевременной команды на технологический останов линии носит вероятностный характер, т.е. такая команда может оказаться, в равной мере, как обоснованной, так и необоснованной. Это связано с тем, что подача сыпучего материала на ПТЛ производится неравномерно. Такая неравномерность приводит к тому, что ток нагрузки и, следова-

тельно, степень нагрева ПЭД будут иметь колебательные составляющие случайного характера. Поэтому команда на технологический останов будет обоснованной только в том случае, если повышенная нагрузка на конвейер продолжала бы сохраняться. В противном случае такая команда будет необоснованной, причем необходимость в такой команде при дальнейшей работе линии может вообще не возникнуть. Поэтому преждевременный останов ПТЛ снизит эффективность ее работы, по сравнению с тем, какая она могла бы быть без такого останова.

Для максимальной обоснованности останова ПТЛ необходимо выдавать соответствующую команду в предельно поздний момент времени, когда еще возможно полностью реализовать ее технологический останов. Очевидно, что такой момент времени определяется местом размещения конвейера с перегревающимся ПЭД в ПТЛ, а именно количеством предшествующих ему конвейеров и необходимыми (установленными) временами задержки для разгрузки каждого из них от транспортируемого сыпучего материала.

На рис. 1 представлены во времени t , от момента включения перегревающегося ПЭД одного из конвейеров ПТЛ до момента предполагаемого срабатывания реле его тепловой защиты (если бы упреждающее отключение ПЭД не проводилось), графики изменений величины тока $I(t)$ нагрузки ПЭД, степени его нагрева $\delta(t)$ и отрезка времени $\tau^{CP}(t)$, остающегося до срабатывания РТЗ. Значение отрезка времени τ^0 численно равно времени, необходимому на отключение ПТЛ в режиме технологического останова. Из рисунка следует, что за счет упреждающего, на время τ^0 , останова ПТЛ, удастся предотвратить ее аварийный останов и связанные с таким остановом негативные последствия.

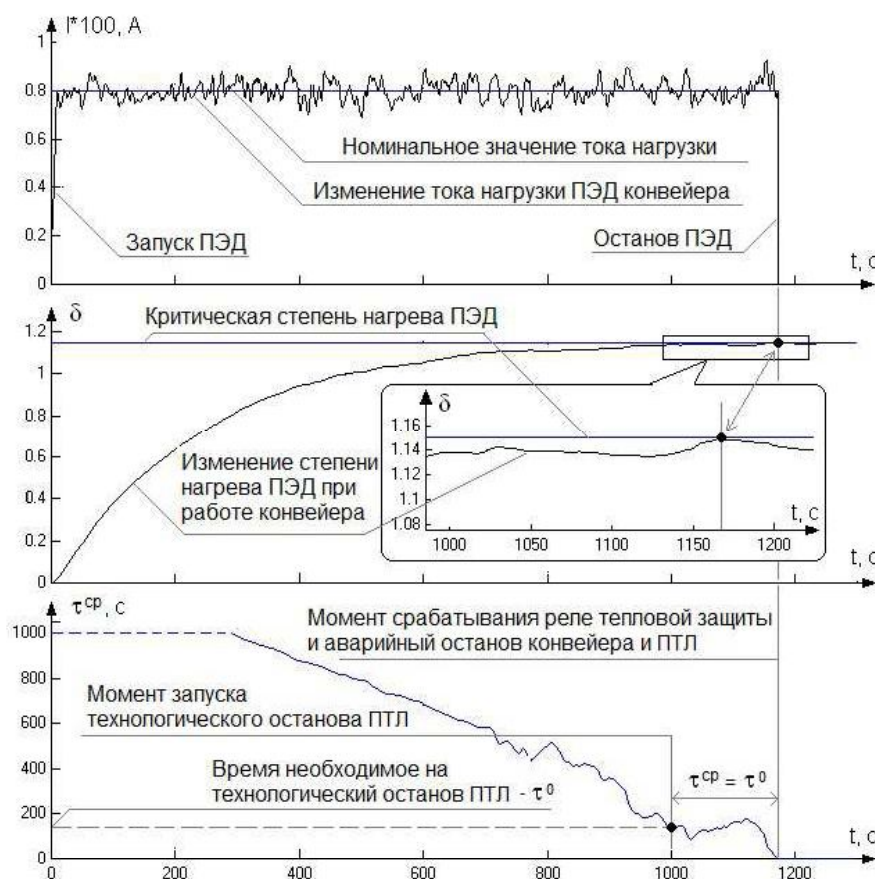


Рис. 1 – Иллюстрация изменений во времени тока нагрузки ПЭД, степени его нагрева от момента включения этого ПЭД до момента предполагаемого срабатывания РТЗ (если бы упреждающее отключение ПЭД не проводилось) и отрезка времени, остающегося до срабатывания РТЗ

6. Пример реализации и описание работы САУ ПТЛ

Для иллюстрации работы САУ рассмотрим простейший пример ПТЛ сыпучих материалов, состоящий из трех конвейеров, блок-схема которой представлена на рис. 2. В соответствии с ней, сыпучий материал из расходного бункера 1 через подбункерную задвижку 2 подается на последовательно включенные конвейеры 3, 4, 5, которые перегружают его в приемный бункер 6. Рабочие органы конвейеров 3, 4, 5

приводятся в действие ПЭД 7, 8, 9, которые получают питание от силовой электрической сети, подключение к которой осуществляется через контроллеры управления электродвигателями 10, 11, 12. В качестве этих контроллеров в рассматриваемом примере реализации САУ применены контроллеры, например, SIMOCODE pro [13], которые реализуют функции коммутации силовых цепей ПЭД, тепловой защиты их от перегрева, с выводом из контроллеров команд на аварийную остановку ПЭД из-за их перегрева и значений времени $\tau^{CP}(t)$, остающегося до выдачи этих команд, а также другой необходимой для управления информации. Команды на включение и отключение ПЭД контроллеры 10, 11, 12 получают непосредственно от главного контроллера САУ ПТЛ – 13.

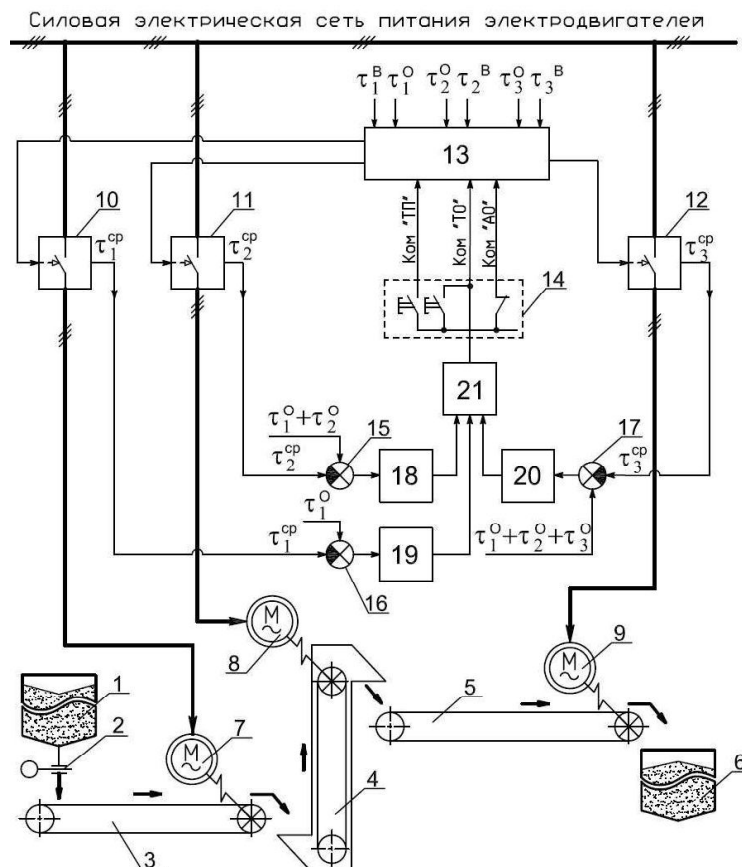


Рис. 2 – Блок-схема САУ, обеспечивающей работу ПТЛ без аварийных отключений из-за перегревов ПЭД ее конвейеров при экстремальных нагрузках в предаварийных режимах

Главный контроллер формирует последовательность этих команд в соответствии с реализуемым в текущий момент времени одним из возможных вариантов (режимов) управления, а именно «технологический пуск» (на схеме – команда «ТП»), «технологический останов» (на схеме – команда «ТО»), «аварийный останов» (на схеме – команда «АО»). Время выдачи этих команд учитывает заданные значения задержек по времени на включение конвейеров $\tau_1^a, \tau_2^a, \tau_3^a$ и на их отключение – $\tau_1^i, \tau_2^i, \tau_3^i$. Задание контроллеру 13 САУ ПТЛ по реализации конкретного режима управления осуществляется органами и цепями формирования команд, задающих режим управления 14. К ним относятся кнопки, с помощью которых человек-оператор ПТЛ может инициировать реализацию режимов управления «технологический пуск» и «технологический останов», блок-контакты пускателей (контроллеров управления) ПЭД конвейеров, контакты реле тепловой защиты, с помощью которых формируется команда «аварийный останов» ПТЛ. Таких контактов в реальной схеме управления много, их количество пропорционально количеству конвейеров в линии, на рис. 2 они показаны условно. Описанная выше часть примера САУ реализует, по сути, традиционные функции логического управления ПТЛ.

Для реализации новой функции – функции предупреждения аварийных остановов ПТЛ из-за перегрева ПЭД ее конвейеров, дополнительно с соответствующего выхода каждого контроллера управления электродвигателями 10, 11, 12 считывают изменяющиеся значения интервалов времени до срабатывания их РТЗ – $\tau_1^{nd}(t), \tau_2^{nd}(t), \tau_3^{nd}(t)$, т.е. интервалов времени, остающихся до выдачи команд на аварийный

останов ПЭД, соответственно, 7, 8 и 9 из-за их перегрева. На алгебраических сумматорах 15, 16, 17 значения этих интервалов времени $\tau_1^{\text{нб}}(t)$ – для ПЭД первого конвейера, $\tau_2^{\text{нб}}(t)$ – для ПЭД второго конвейера, $\tau_3^{\text{нб}}(t)$ – для ПЭД третьего конвейера, сравнивают с интервалами времени, необходимыми для остановки ПТЛ в технологическом режиме при перегреве соответствующего ПЭД, соответственно со значениями $\tau^0 = \tau_1^i$ – для первого конвейера, $\tau^{\text{II}} = \tau_1^i + \tau_2^i$ – для второго конвейера и $\tau^{\text{III}} = \tau_1^i + \tau_2^i + \tau_3^i$ – для третьего конвейера. Если результаты сравнения всех интервалов времени для каждого из ПЭД конвейера дают отрицательный результат, то компараторами 18, 19, 20 на своих выходах будет установлен логический «0». Поэтому на выходе логического элемента «ИЛИ» 21, выполняющего функцию логического суммирования выходных сигналов этих компараторов также установится логический «0», и команда на технологический останов ПТЛ формироваться не будет. Это означает, что интервалы времени $\tau_1^{\text{нб}}(t)$, $\tau_2^{\text{нб}}(t)$, $\tau_3^{\text{нб}}(t)$ до момента выдачи команд на аварийный останов каждого из ПЭД конвейеров больше, чем время, необходимое для остановки ПТЛ в режиме технологического останова, соответственно $\tau^0 = \tau_1^i$, $\tau^{\text{II}} = \tau_1^i + \tau_2^i$, $\tau^{\text{III}} = \tau_1^i + \tau_2^i + \tau_3^i$, поэтому проводить технологический останов этой линии оснований нет.

В том случае, если на выходе хотя бы одного из алгебраических сумматоров сигнал станет положительным, то соответствующий компаратор установит на своем выходе логическую «1». Это означает, что один из интервалов времени $\tau_i^{\text{нб}}$ до момента выдачи команды на аварийный останов одного из ПЭД стал равен времени τ^0 , необходимому для остановки ПТЛ в режиме технологического останова. В этом случае на выходе логического элемента «ИЛИ» также установится логическая «1», и будет сформирована команда на технологический останов ПТЛ.

Отметим, что рассмотрение сумматоров, компараторов, логического элемента как технических компонентов САУ проводилось только для наглядности рассмотрения алгоритма. В реальности они реализуются программным путем в главном контроллере САУ. На рассмотренный способ управления получен патент на изобретение [14].

Заключение

Рассмотренная в статье новая функция логического управления ПТЛ является обязательной, но не единственной новой функцией из перечня тех, которые смогут обеспечить безаварийную работу ПТЛ при экстремальных нагрузках в предаварийных режимах, т.е. обеспечить максимально достижимую эффективность эксплуатации ПТЛ. К их числу, прежде всего, необходимо отнести функцию стабилизации теплового режима группы параллельно работающих ПЭД. Кроме того, для повышения функциональной целостности, а, следовательно, и эффективности САУ ПТЛ, все функции управления, включая [1, 2], должны быть интегрированы в одну систему управления.

Литература

1. Хобин В. А. Концепция эффективного управления производительностью поточно-транспортных линий при перегрузке зерна. Хранение и переработка зерна / В. А. Хобин, С. В. Шестопапов // Днепрпетровск, 2011. – № 10 (148). – С. 26–29.
2. Пат. на винахід 95887 Україна, МПК (2011.01), B65G 17/00, B65G 47/46 (2006.01), B65G 65/42 (2006.01), G01G 11/12 (2006.01). Спосіб автоматичного управління завантаженням поточно-транспортної лінії сипких матеріалів / Аннаев Б. С., Герасимов В. В., Хобин В. А., Кір'язов І. М., Шестопапов С. В. та інші.; заявник та патентовласник ТОВ «С-Інжиніринг». – № а201015861; заявл. 29.12.10; опубл. 12.09.11, Бюл. № 17. – 24 с.
3. Радин В. И. Электрические машины: Асинхронные машины / В. И. Радин, Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович // М. : Высшая школа, 1988. – 328 с.
4. Копылов И. П. Справочник по электрическим машинам / И. П. Копылов, Б. К. Клоков // М. : Энергоатомиздат, 1988. – Т. 1. – 456 с.
5. Гольдберг О. Д. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность низковольтных асинхронных двигателей / О. Д. Гольдберг, И. М. Комлев и др. – Электротехника, № 5, 1968. – С. 14–18.
6. Похолков Ю. П. Исследование коммутационных перенапряжений в обмотках асинхронных электродвигателей / Ю. П. Похолков, П. П. Бесперстов // Известия Томского политехнического института, 1972. – Т. 242. – С. 216–221.
7. Сердюк Ю. В. Оптимальное использование тепловой перегрузочной способности электродвигателей / Ю. В. Сердюк, И. Н. Богаенко, П. А. Фисенко // Тез. докл. VII Всесоюз. науч.-техн. конф. «Состоя-

- ние и перспективы совершенствования разработки и производства асинхронных двигателей». – М. : 1985. – С. 100–101.
8. Ермолин Н. П. Надежность электрических машин / Н. П. Ермолин, И. П. Жерихин // Л. : Энергия, 1976. – 248 с.
 9. Филиппов И. Ф. Теплообмен в электрических машинах / И. Ф. Филиппов // Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.
 10. Богаенко И. Н. Температурная защита асинхронных электродвигателей / И. Н. Богаенко, Ю. В. Сердюк, М. А. Шатунов // К. : Техніка, 1987. – 94 с.
 11. Розанов Ю. К. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю. К. Розанова. – 2-е изд., испр. и доп. // М. : Информэлектрон, 2001. – 420 с.
 12. Хилал М. Прогнозирование перегрева приводных электродвигателей в задачах управления нагрузкой технологического оборудования : 05.13.07 – дис. ... канд. техн. наук / Хилал Мустафа. – Одесса, 1996. – 147 с.
 13. Руководство по проектированию, вводу в эксплуатацию, обслуживанию и ремонту SIMOCODE pro / Siemens AG: Департамент средств автоматизации и электропривода, направление низковольтной коммутационной техники. – D-90327 Нюрнберг, заказной №: 3UF7970-0AA01-0, издание 10/2005. – 494 с.
 14. Пат. на винахід 98736 Україна, МПК (2012.01), B65G 17/00, B65G 47/00, B65G 43/00, H02H 5/04 (2006.01). Спосіб автоматичного управління потоково-транспортною лінією сипких матеріалів / Аннаев Б. С., Герасимов В. В., Хобін В. А., Кір'язов І. М., Шестопапов С. В. та інші.; заявник та патенто-власник ТОВ «С-Інжинірінг». – № а2011 05403; заявл. 27.04.11; опубл. 11.06.12, Бюл. № 11. – 7 с.

УДК 664.724:005.591.6:005.936.41

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ ЗЕРНА: КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗАПАСОВ, СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Свитый И.Н., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
Андріященко Г.В., инженер по автоматизации
ООО МПСК «Бориваж», с. Новые-Биллары, Одесская область

Проанализирована работа зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятий, для которых сырьем является зерно и семена масличных. Для этих предприятий выявлен существенный резерв повышения эффективности их работы, получаемый путем автоматизации управления запасами зерна. Предложена классификация предприятий. Проведена классификация запасов зерна по 13 признакам. Сформулирована задача повышения эффективности работы системы управления запасами зерна путем повышения интеллектуального уровня поддержки принятия решений, связанных с запасами зерна.

The operation of grain, grain processing, food and chemical industries, for which the raw material is corn and oilseeds. For these companies revealed significant reserve increase their efficiency, obtained by automating the management of grain reserves. The classification of enterprises. The classification of grain reserves to 13 recognized stone. The problem of improving the efficiency of inventory management system of grain by increasing the intellectual level of support of decision-making related to grain reserves.

Ключевые слова: управление запасами зерна, классификация предприятий, классификация запасов зерна.

Зерно и семена масличных культур для Украины являются стратегическим сырьем. Это сырье является залогом продовольственной безопасности страны, важнейшим экспортным товаром и источником валютных поступлений, сырьем для производства пищевых продуктов, кормов, биотоплива. Приемка, обработка, хранение, переработка, отгрузка зернового и масличного сырья реализуется комплексом предприятий зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических. Работа этих предприятий связана с созданием запасов зерна преимущественно в значительных объемах. При этом управление запасами на этих предприятиях ведется преимущественно исходя из субъективных предпочтений лиц, ответственных за принятие решений, связанных с запасами зерна. А значит, существует существенный запас повышения