

К.Б. Кадыракунов¹, А.К. Нурмагамбетова^{1*},
К.А. Жолшиева¹, Л.Б. Изанова²

¹Международный инженерно-технологический университет,
Алматы, Казахстан

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан

E-mail: ccb54@mail.ru¹, *aiko_nya@mail.ru², kunsulu.zholshieva@gmail.com³,
dabylova.laura@mail.ru⁴

Разработка автоматизированной системы управления конвейерной линии на теплоэнергетических объектах

Аннотация. В статье решаются задачи выбора и разработки технических и программных средств системы управления технологических установок теплоэнергетических объектов. Проведен анализ технических систем и технологических процессов как объектов контроля и управления, анализ технологических характеристик объекта автоматизации, выбор технических средств автоматизации, разработана функциональная схема автоматизации котлоагрегата, логическая схема алгоритмов конвейерных установок, функциональная схема автоматизации конвейерной установки, определены принципы технической реализации систем логического управления на базе промышленных контроллеров и инструментальной системы ISAGRAF. Разработана схема управления конвейерными установками в функции тока скорости и времени. Модернизация системы управления конвейерной установкой на ПЛК.

Ключевые слова: конвейерная установка, релейно-контактная схема, тахогенератор, автоматизация, сигнализация, функциональная схема, пускатель.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-111-121

Введение

В структуре системы управления технологическим процессом теплоэлектроцентрали одно из первоначальных подсистем представляет конвейерная линия, необходимая для транспортировки угля от сборочных участков до бункеров котельного цеха или на открытый склад хранения угля. Практика показала, что релейно-контактная схема автоматики устарела. Существует несколько способов автоматического пуска конвейерных двигателей: по изменению времени пуска за счет изменения величины пускового тока, за счет изменения величины пускового напряжения, с использованием реле скорости и другие. Первые три способа основаны на принципе электрической блокировки. Но в этом невозможен контроль режимов работ отдельных узлов, электродвигателей и механизмов конвейера, что является недостатком этих способов.

Основная часть

Наиболее оптимальным является способ пуска с помощью реле скорости, основанный на принципе электромеханической блокировки. При этом нарушения в режиме работы конвейера, имеющие механическую или электрическую природу, приводят так

Таблица 1. Параметры функциональной схемы

Наименование физико-технической величины и операции	Диапазон измерения	Наименование прибора или устройства	Код в схеме автоматической установки	
Скорость вращения	(0...80) Рад/с	Тахогенератор	SR/1-1	
		Тахогенератор	SR/1-2	
Температура подшипников	(18...120) °С	Термоэлектрический преобразователь	TS/2-1	
		Показывающий термометр	ТI/2-2	
Сигнализация и контроль управления электродвигателем	Напряжение на статоре двигателя 0, 380 В	0-80	Вольтметр	ES/25-1
			Тахогенератор	EI/25-1
Наличие груза на конвейере	Логический сигнал: да, нет	0-80	Тахогенератор	GS/25-1
			Тахогенератор	GA/25-1
Температура подшипников	°С	0-80	Тахогенератор	TS/25-1
			Тахогенератор	ТI/25-1
Управление двигателем	Логический сигнал: да, нет	0-стоп; 1-пуск	Магнитный пускатель	NS/30-6

Существует релейно-контактная схема управления пуском и остановкой конвейерной линии в функции скорости, времени и тока.

При использовании данного метода; автоматика отслеживает перегрузочные режимы так, как в цепь статора установлены реле максимального тока и тепловое реле. При запуске двигателя в момент пуска возникает большой пусковой ток, на который настраивается реле тока, при превышении величины тока реле срабатывает и размыкает свой контакт в цепи следующего магнитного пускателя, если запуск нормальный, то реле остается в рабочем состоянии.

Ниже приводится схема управления конвейерными линиями по скорости, времени и току (рисунок 2), которая в последующем модернизирована с использованием промышленных логических контроллеров [4].

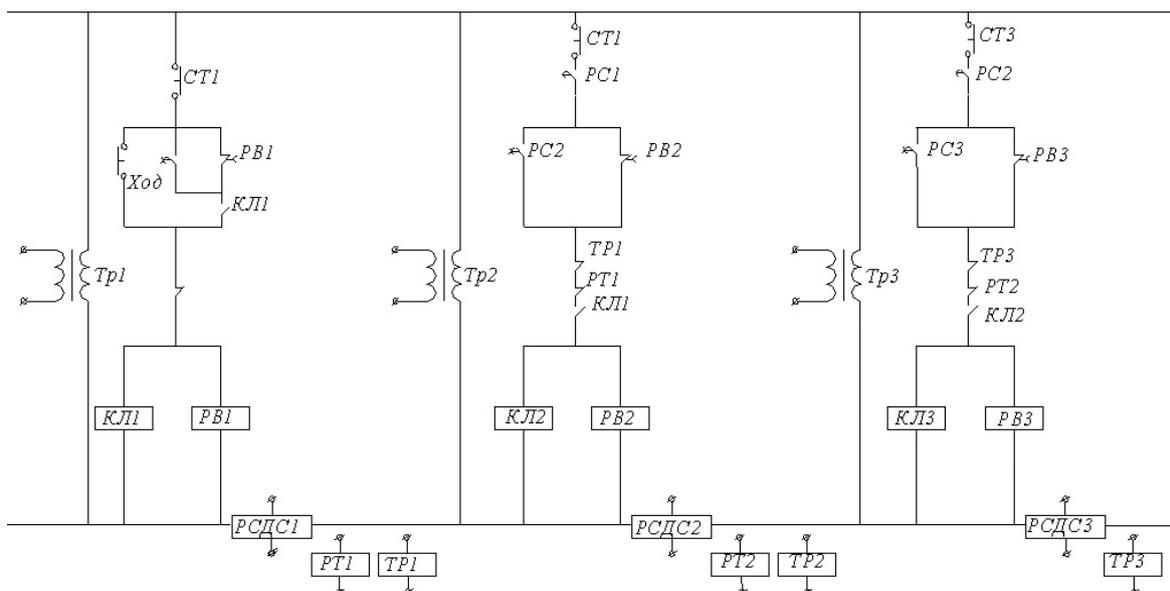


Рисунок 2. Схема пуска по скорости, времени и току с защитой статорных обмоток от перегрева

Пуск конвейерной установки (рисунок 2) осуществляется нажатием кнопки “Ход”, при этом получает питание контактор КЛ1 и реле времени РВ1. При срабатывании контактора КЛ1 срабатывает его замыкающий контакт, шунтируя кнопку “Ход”, при этом отпадает необходимость в ее дальнейшем удерживании, также происходит замыкание контакта КЛ1 в цепи следующего магнитного пускателя. В это время размыкающий контакт РВ1 остается замкнутым в течение времени, необходимого для срабатывания контакта РВ1[3].

За это время скорость тягового механизма должно возрасти до скорости составляющей ~ 75% от номинальной. Эта операция осуществляется при использовании реле с датчиком скорости РСДС. Если конвейер ленточный, то в качестве датчика скорости используется тахогенератор. Напряжение тахогенератора подается на реле датчика скорости, которое, в свою очередь, настраивается на срабатывание при величине равной 75% от номинальной скорости. За время, пока размыкающий контакт РВ1 остается замкнутым, срабатывает замыкающее – размыкающий контакт РС1 в цепи первого и второго магнитного пускателя. Аналогично осуществляется пуск последующих тяговых органов конвейерной установки.

Остановка конвейерной линии осуществляется нажатием одной из кнопок СТ1, СТ2 или СТ3, которые обесточивают схему и возвращают ее в первоначальное состояние.

Система автоматизации должна обеспечивать следующее:

- 1) обеспечение автозапуска конвейеров, образующих линию в порядке, обратном направлению грузопотока, отключение должно производиться в обратной последовательности;
- 2) автоматическую подачу отчетливого сигнала, длительностью не менее 5 секунд, сигнал должен подаваться при запуске 1 конвейера;
- 3) включение каждой последующей конвейерной линии после установления рабочей скорости конвейера;
- 4) оперативное отключение линии с пульта управления;
- 5) экстренное прекращение пуска и экстренную остановку любого конвейера линии из любой точки по его длине;
- 6) автоматическое одновременное отключение всех конвейеров, транспортирующих груз на остановившийся конвейер;
- 7) пуск любого маршрута с центрального пульта управления без отключения конвейеров центрального направления, входящих в рабочий маршрут.

По релейно-контактной схеме составим блок-схему алгоритма технологического процесса пуска конвейерной линии (рисунок 3) [2]. Графы пуска конвейеров №1 и №2 по времени, току, скорости с защитой статорных обмоток от перегрева представлены на рисунке 4.

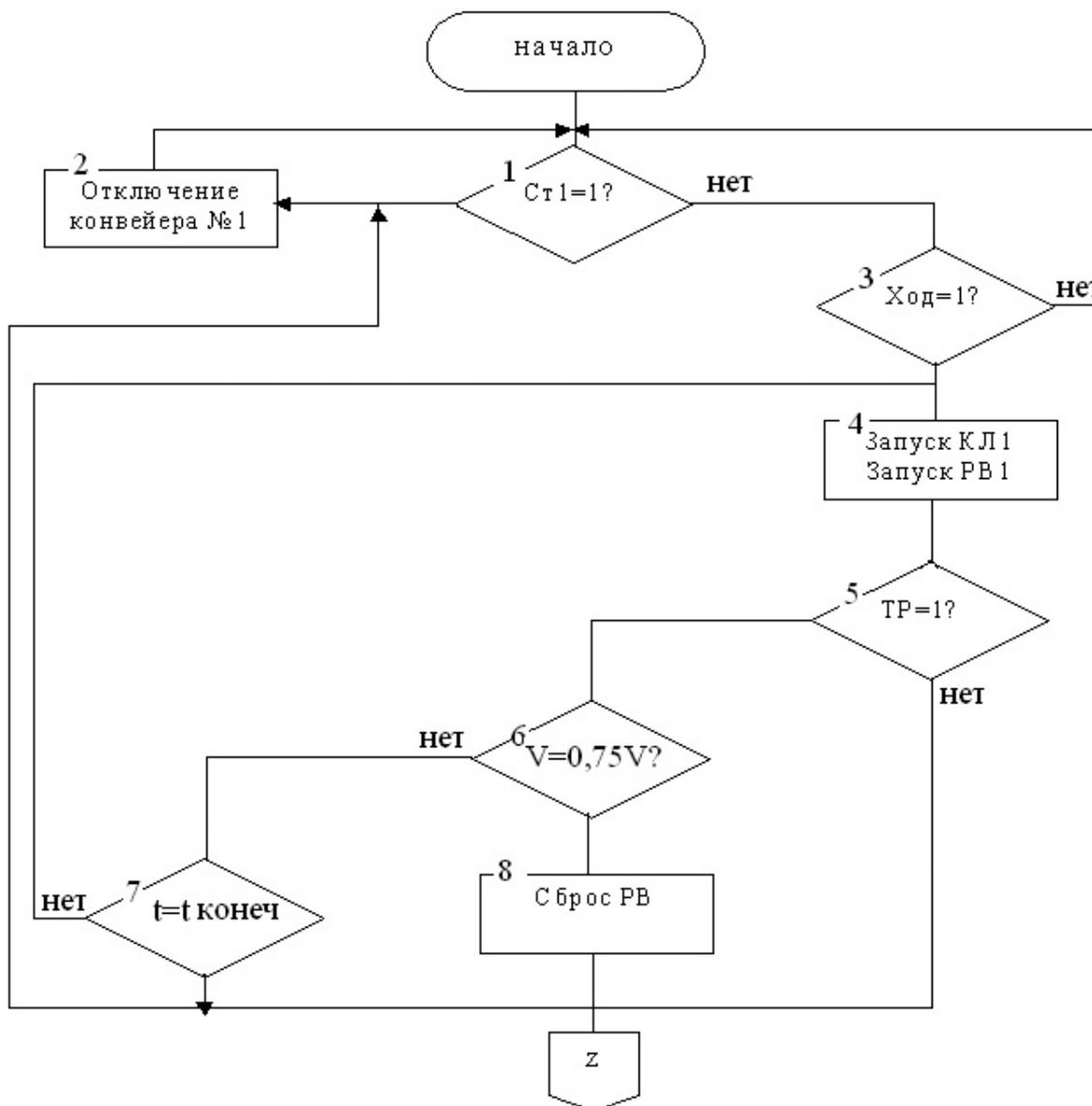


Рисунок 3. Схема алгоритма технологического процесса запуска конвейеров по скорости, времени и току с защитой статорных обмоток от перегрева

В таблице 2 приводятся обозначения элементов блок-схемы.

Таблица 2. Обозначения элементов блок-схемы

Техническая операция блока автоматики	Наименование графа
Начало	Y ₀
Запуск КЛ1 и запуск РВ1	Y ₁
Отключение конвейера №1	Y ₂
Сброс РВ1	Y ₃
Запуск КЛ2 и запуск РВ2	Y ₄
Отключение конвейера №2, №1	Y ₅
Сброс РВ2	Y ₆

Ст1=1	X_1
Ход1=1	X_2
ТР1=1	X_3
V=75% (конвейер №1)	X_4
t= tконеч (конвейер №1)	X_5
Ст2=1	X_6
РС1=1	X_7
ТР2=1	X_8
РТ1=1	X_9
КЛ1=1	X_{10}
V=75% (конвейер №2)	X_{11}
t= tконеч (конвейер №2)	X_{12}

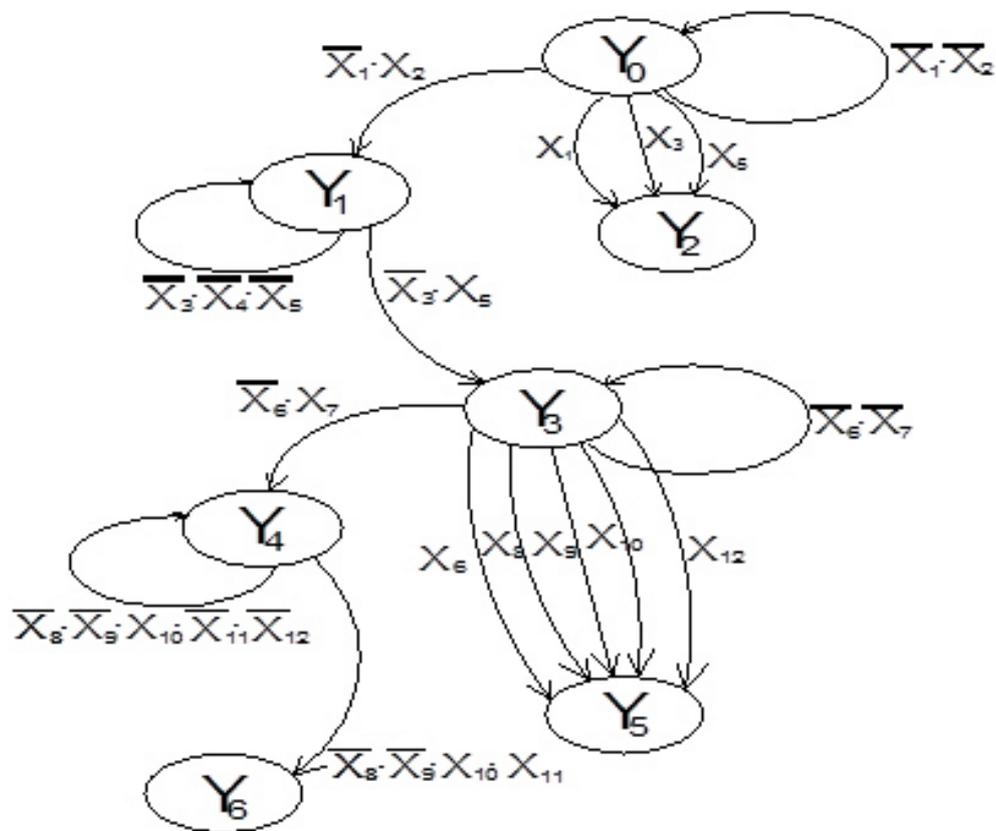


Рисунок 4. Графы пуска конвейеров №1 и №2 по времени, току, скорости с защитой статорных обмоток от перегрева

Составим логические уравнения, описывающие начальный процесс перехода в рабочий режим силовых контакторов КЛ1, КЛ2, КЛ3 и реле времени РВ1, РВ2, РВ3, с учетом обозначения логических сигналов, представленных в таблице 3[5].

Таблица 3. Перевод физических сигналов в логические аналоги

Физическо-технический процесс	Логический аналог
Ход – кнопка пуска	$0x_1$
Ст1, Ст2, Ст2– кнопка остановки	$0_1, 0_2, 0_3$
РС1 – замыкающее – размыкающий контакт	$c_1(t_1, t_2)$
РВ1 – размыкающий контакт реле времени	$\bar{x}_2(t)$
РСДС1, РСДС2, РСДС3– реле датчика скорости	C_1, C_2, C_3
КЛ1, КЛ2 – силовой контакт	x_1, x_2
РТ1, РТ2 – реле тока	B_1, B_2
ТР1, ТР2, ТР3 – реле защиты статорных обмоток от перегрева	A_1, A_2, A_3
РС1 – размыкающий контакт, в цепи РСДС2	$c_1(t)$
РВ1, РВ2, РВ3	X_2, X_4, X_6
КЛ1, КЛ2, КЛ3	X_1, X_3, X_5
РС2 – замыкающее – размыкающий контакт	$c_2(t_1, t_2)$
РС2 – размыкающий контакт, в цепи РСДС3	$c_2(t)$
РС3 – замыкающее – размыкающий контакт	$c_3(t_1, t_2)$

Таким образом, согласно таблице 3, запишем логическое уравнение:

$$X_1 = 0_1 [0x_1 + (c_1(t_1, t_2) + \bar{x}_2(t)) \cdot x_1] \cdot \bar{a}_1, \quad (1)$$

$$X_3 = 0_2 \cdot c_1(t) \cdot (c_2(t_1, t_2) + \bar{x}_4(t)) \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{b}_1 \cdot x_1, \quad (2)$$

$$X_5 = 0_3 \cdot c_2(t) \cdot (c_3(t_1, t_2) + \bar{x}_6(t)) \cdot \bar{a}_3 \cdot \bar{b}_2 \cdot x_2, \quad (3)$$

$$X_2 = 0_1 [0x_1 + (c_1(t_1, t_2) + \bar{x}_2(t)) \cdot x_1] \cdot \bar{a}_1, \quad (4)$$

$$X_4 = 0_2 \cdot c_1(t) \cdot (c_2(t_1, t_2) + \bar{x}_4(t)) \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{b}_1 \cdot x_1, \quad (5)$$

$$X_6 = 0_3 \cdot c_2(t) \cdot (c_3(t_1, t_2) + \bar{x}_6(t)) \cdot \bar{a}_3 \cdot \bar{b}_2 \cdot x_2. \quad (6)$$

Полученные логические выражения формализованы в рамках контроллера PIC PC или контроллера, использующего инструментальную систему ISAGRAF, а общая схема представлена на рисунке 5.

Вместо реле в этом языке используются функциональные блоки, по внешнему виду - микросхемы. Алгоритм работы некоторого устройства на этом языке выглядит как функциональная схема электронного устройства: элементы типа «логическое И», «логическое ИЛИ» и т.п., соединенные линиями.

Сигналы с датчиков тока и скорости поступают напрямую на плату ХА18 (плата с аналоговыми входами), для управления используются платы ХВ18 (плата для работы с дискретными входами) и ХВО8 (плата для работы с дискретными выходами), рисунки 6-8.

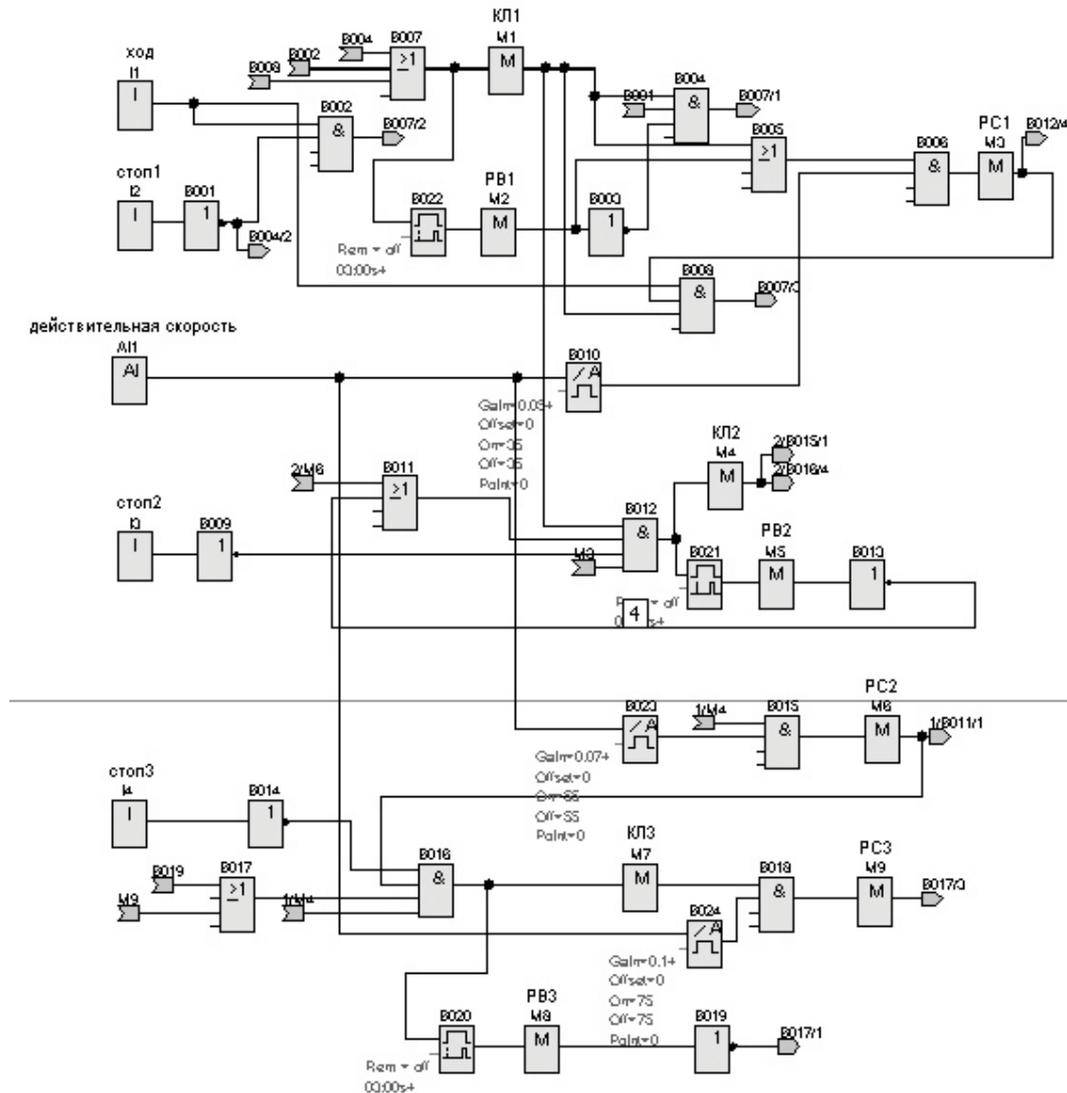


Рисунок 5. Схема управления конвейерной линии в функции тока, скорости и времени на базе ПЛК LOGO

Данная схема позволяет блокировку, защищающую двигатель от повторного запуска неисправного конвейера и блокировку, предотвращающую пуск любого конвейера с центрального пульта в момент, когда конвейер работает в режиме местного управления.

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
MainPower	[вход]	0000	Включение питания всей цепи
GO	[вход]	0000	Ход
STOP1	[вход]	0000	Отключение 1 блока
STOP2	[вход]	0000	Отключение 2 блока
STOP3	[вход]	0000	Отключение 3 блока
Work1	[выход]	0000	1 блок работает
Work2	[выход]	0000	2 блок работает
Work3	[выход]	0000	3 блок работает

Рисунок 6. Глобальные булевские переменные (с ними работают платы XBI8 и XBO8) в среде ISaGRAF

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
Cur1	[вход.целая]	0000	Реле тока 1
Cur2	[вход.целая]	0000	Реле тока 2
Cur3	[вход.целая]	0000	Реле тока 3
SPEED1	[вход.целая]	0000	Реле скорости 1
SPEED2	[вход.целая]	0000	Реле скорости 2
SPEED3	[вход.целая]	0000	Реле скорости 3
Temp1	[вход.целая]	0000	Реле тепловой защиты
Temp2	[вход.целая]	0000	Реле тепловой защиты
Temp3	[вход.целая]	0000	Реле тепловой защиты

Рисунок 7. Глобальные целые переменные (с ними работают платы XAI8) в среде ISaGRAF

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
Time1	[внутренняя]	0000	реле времени 1
Time2	[внутренняя]	0000	реле времени 2
Time3	[внутренняя]	0000	реле времени 3
KL1	[внутренняя]	0000	КЛ1
KL2	[внутренняя]	0000	КЛ2
KL3	[внутренняя]	0000	КЛ3
x1	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x11	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x12	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x2	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x21	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x22	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x31	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x32	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x3	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная

Рисунок 8. Локальные переменные в среде ISaGRAF

Заключение

В процессе написании статьи были проведены исследования объекта автоматизации контроля, в процессе анализа было установлено, что применяющаяся на теплоэнергетических объектах контактно-релейная схема конвейерной установки устарела.

Был сделан анализ технических систем и технологических процессов как объектов контроля и управления, анализ технологических характеристик объекта автоматизации, выбор технических средств автоматизации.

Разработана функциональная схема автоматизации котлоагрегата, логическая схема алгоритмов конвейерных установок, функциональная схема автоматизации конвейерной установки, определены принципы технической реализации систем логического управления на базе промышленных контроллеров и инструментальной системы ISaGRAF.

Разработана схема управления конвейерными установками в функции тока скорости и времени.

Обеспечение необходимого качества автоматического регулирования технологического процесса путем оптимального контроля и управления технологическим процессом позволит значительно снизить количество аварийных ситуаций.

Список литературы

1. Боровикова А.П., Маренич К.Н. Разработка и исследование системы автоматического управления грузкой магистральной конвейерной линии – Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XVII научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 24-25 мая 2017 г. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 409 с.
2. Бойко Е.А. Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, С.А. Михайленко / Красноярск: Сибирский федеральный университет. – 2-е изд., расширен. и перераб. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 606 с.
3. V.Ya. Sergeyev, V.V. Yurchenko, S.Zh. Ayzhambayeva, G.V. Vavilova, M.N. Belik, S.G. Serebryakov. «Researches of air and fuel rate influence on oxygen level in emissions of new type medium power coal boiler». Великобритания, «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering», V. 457, 2018.
4. Фешин Б.Н. Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов: Учебное пособие. Часть 1 / Б.Н. Фешин. Карагандинский государственный технический университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016. – 103 с.
5. Фешин Б.Н. Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов: Учебное пособие. Часть 2 / Б.Н. Фешин. Карагандинский государственный технический университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016. – 112 с.

К.Б. Кадыракунов¹, А.К. Нурмагамбетова¹, К.А. Жолшиева¹, Л.Б. Изанова²

¹Халықаралық инженерлік – технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Жылу энергетикалық объектілерінде конвейерлік желіні басқарудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу

Аңдатпа. Мақалада жылу энергетикалық объектілердің технологиялық қондырғыларын басқару жүйесінің техникалық және бағдарламалық құралдарын таңдау және әзірлеу міндеттері шешіледі. Техникалық жүйелер мен технологиялық процестерді бақылау және басқару объектілері ретінде талдау, автоматтандыру объектісінің технологиялық сипаттамаларын талдау, автоматтандырудың техникалық құралдарын таңдау, қазандық агрегаттың автоматтандырудың функционалдық схемасы, конвейерлік қондырғылар алгоритмдерінің логикалық сұлбасы, конвейерлік қондырғыны автоматтандырудың функционалдық сұлбасы жасалды, өнеркәсіптік контроллерлер мен ISaGRAF аспаптық жүйесі негізінде логикалық басқару жүйелерін техникалық іске асыру принциптері анықталды. Жылдамдық пен уақыт тоғы функциясында конвейер қондырғыларын басқару сұлбасы жасалды. Конвейерлік қондырғыны басқару жүйесін бағдарламаланатын логикалық контроллерге орнату арқылы жаңарту.

Түйінді сөздер: конвейерлік қондырғы, релелік-контактілі сұлба, тахогенератор, автоматтандыру, дабыл, функционалдық сұлба, іске қосқыш.

K. Kadyrakunov¹, A. Nurmagambetova¹, K. Zholshieva¹, L. Izanova²

¹International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Development of an automated control system of a conveyor line at heat/thermal power facilities

Abstract. The article solves the problems of selecting and developing technical and software tools of the control system in technological installations of power facilities. The analysis of technical systems and technological processes as objects of control and management, the analysis of the technological characteristics of the automation object, the choice of technical automation, has been developed a functional diagram of the automation of the boiler unit, the logical scheme of algorithms of conveyor installations, the

functional scheme of automation of the conveyor installation, the principles of technical implementation of logical control systems based on industrial controllers and ISAGRAF tool system are determined. A control scheme for conveyor installations has been developed as a function of current speed and time. Modernization of the control system of the conveyor installation on the PLC.

Keywords: conveyor installation, relay-contact circuit, tachogenerator, automation, alarm system functional diagram or circuit, starter.

References

1. Borovikova A.P., Marenich K.N. Development and research of an automatic control system for loading the main conveyor line - Automation of technological objects and processes. Search for young people: a collection of scientific papers of the XVII scientific and technical conference of graduate students and students in Donetsk on May 24-25, 2017 - Donetsk: DonNTU, 2017. - 409 p.
2. Boyko E.A. Boiler plants and steam generators: textbook / E.A. Boyko, I.S. Dering, S.A. Mikhailenko / Krasnoyarsk: Siberian Federal University. – 2nd ed., expanded. and reworked. - Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2009. - 606 p.
3. V.Ya. Sergeev, V.V. Yurchenko, S.Zh. Ayzhambayeva, G.V. Vavilova, M.N. Belik, S.G. Serebryakov. «Researches of air and fuel rate influence on oxygen level in emissions of new type medium power coal boiler». Великобритания, «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering», V. 457, 2018.
4. Feshin B.N. Systems of control and monitoring of an automated technological complexes: Textbook. Part 1 / B.N. Feshin. Karaganda State Technical University. - Karaganda: Publishing House of KSTU, 2016. - 103 p.
5. Feshin B.N. Systems of control and monitoring of an automated technological complexes: Textbook. Part 2 / B.N. Feshin. Karaganda State Technical University. – Karaganda: Publishing house of KarSTU, 2016. – 112 p.

Сведения об авторах:

К.Б. Кадыракунов – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, Международный инженерно-технологический университет, пр. Аль-Фараби, 89/21, Алматы, Казахстан.

А.К. Нурмагамбетова – магистр технических наук, лектор, Международный инженерно-технологический университет, пр. Аль-Фараби, 89/21, Алматы, Казахстан.

К.А. Жолшиева – магистр технических наук, лектор, Международный инженерно-технологический университет, пр. Аль-Фараби, 89/21, Алматы, Казахстан.

Л.Б. Изанова – магистр технических наук, старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

К.Б. Кадыракунов – физика-математика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Әл-Фараби даң., 89/21, Алматы, Қазақстан.

А.К. Нурмагамбетова – техника ғылымдарының магистрі, лектор, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Әл-Фараби даң., 89/21, Алматы, Қазақстан.

К.А. Жолшиева – техника ғылымдарының магистрі, лектор, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Әл-Фараби даң., 89/21, Алматы, Қазақстан.

Л.Б. Изанова – техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

K. Kadyrakunov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer, International Engineering and Technology University, 89/21 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

A. Nurmagambetova – Master of Technical Sciences, Lecturer, International Engineering and Technology University, 89/21 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

K. Zholshieva – Master of Technical Sciences, Lecturer, International Engineering and Technology University, 89/21 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

L. Izanova – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.