Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы» АО «НТЦ ЕЭС»

# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ. ВЕРСИЯ 1.0 (ПТК ЛСПА 1.0)

## ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

## РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Санкт-Петербург 2019

## Программное обеспечение ПТК ЛСПА. Описание ПО

#### 1. Среда разработки программы

Прикладное программное обеспечение ПТК ЛСПА написана на языке программирования стандарта МЭК 61131-3 – Structured Text (ST) с использованием программного комплекса промышленной автоматизации TwinCat 3.

TwinCAT 3 (The Windows Control and Automation Technology) – законченное программное решение систем автоматики для ПК и ПК-совместимых контроллеров. TwinCat расширяет возможности ПК:

- интегрирует real-time управление в операционные системы Windows;
- позволяет использовать ПК как многозадачный ПЛК по IEC 61131-3;
- среда разработки, пользовательский интерфейс.

С подробным описанием программы для систем автоматизации TwinCat 3 можно ознакомиться на официальном сайте производителя Beckhoff (www.beckhoff.com).

#### 2. Структура программной части ПТК ЛСПА

Структурная схема программной части ПТК ЛСПА приведена на рисунке 1 и представляет собой множество функциональных блоков (FB), функций (Fun) которые объединены в программы (PRG) с заданным временем опроса и приоритетом исполнения программного кода, те, в свою очередь, объединены в одну «главную» программу, связывающую все части программного кода в единый функционирующий алгоритм, в ней задаются привязки входных/выходных переменных для подключения аппаратной части ЛСПА.



Входные переменные для привязки к аналоговым и дискретным входам внешних устройств

Рисунок 1 — Структурная схема программной части ПТК ЛСПА

Выходные переменные для привязки к аналоговым и дискретным выходам внешних устройств

Для написания программного кода для ПТК ЛСПА было создано решение в программе TwinCat 3, в котором помимо самого файла проекта содержатся настроечные модули, лицензия, модуль для подключения устройств (см. рисунок 2).

Saladina Taglerer	P+ P	「新品」(GC 9年代1月60、 nsger	CIC KORUPRO	FOLCOMPLETE	HOY, XXOR, CIC	FOLCOMPLITUCIÓ FO	V,2XCBR NPK,CI	C Test	TeoryCAT	( <b>ATNU</b> * X	
Constant Status a Telepara (Class a)     Constant Status a Telepara     Status Class a)     Tencic AI MAY (2 project)     Constant Status a Telepara     Tencic AI MAY (2 project)     Constant Status     Tencic AI MAY (2 project)     Constant Status     Tencic AI MAY (2 project)     Constant Status	P - Orrent Seege.	neger D Bud 4002 25 Bud 4002 25 Loost v Bud 4002 25 Phr Veson r # 1906 2011 Loop	0000 Target								
Sandon Tapliner (Clin x) Sandon Tanko (Al MV) (2 project) Sandon Tanko (Al MV) Sandon Tanko (Al MV) Sandon	22 - Via Bud Action Via Bud Action Weare Revenue via 10 Press via 1	nager ⊡h Budi 4022.25 Looil v Budi 4022.5 ⊡ Ph Verson Rei 4022.51 ⊡ Ph Verson Rei 596-2011 Looin	oose Taget								
Southern Function (20 project)  The Control	VencA Typen Mr Vi Buk 400 Nenn Borrenng v3 11 Rept v3 11 Rept v3 11 Comyst BICRADI ttp://www.beckbit	nager D Budi 4022 25 Budi 402 Budi 4022 25 Budi 402 Budi 40 Budi 402 Budi 40 Budi 40	0 1 (Built 4022 25)								
Image:	Venn Broweng v3.1 Tapet v3.1 Prest v3.1 Council & DOPOR Intu / Inter Action	Bud 4022 25 Bud 4022 25 Local v Bud 4022 25 ⊡ Pn Venon ≠ € 1996 2011 Loom	0.1 (Buli: 4022.25)								
b      b      cash Time     b      b      for Anal Time     b      b      for Anal Time     b      b      for Anal     cash Anal     cash Anal     cash Anal     cash Anal     for Anal     for Anal     cash Anal     for Anal     for Anal     cash Anal     for A	Engenergy v2.13 Target v2.13 Preject v2.13 Copyright EliCon-Ort tota/com.accdod	Bult 4022 29 Bult 4022 25 Lood v Bult 4022 25 ⊟ Ph Veron r ≢ 1996-2011 Loon	3 1 (Juli: 4022 25)								
Decomposition     Decompo	Taget v111 Prest v111 County ElConorr ttp://www.beckhoff	Buld 4022.25 tooaf v Buld 4022.25 ≣Ph Venion F≢ 1996.2011 Loom	2.1 (Bule 4022.25)								
t: Type System TCCOM Objects PCC Diff Community on Diff Community	Prejest v3.19 Georeph EECX407 1802/Jonne Seckfull	Buld 4022 25;									
CCM Objects     CCM Obje	Copyright IECONOM tate / down bench cft	f @ 1996.2013 Loom									
APRUJ     APRUJ Seject     APRUJ Seject     APRUJ Seject     Borners     Defenses     APRUS Selection     APRUS	Council IECOOF	f @ 1996-2018 Loom									
Consultype     Consultype     Construction     Construct     Construction     Construction     Construction     Construction     Construction     Construction     Construction     Construction     Construction											
Dut types     Gobal Verifields     Dut types											
Cooked Variables     POV's     EAD DEFAULT     DEFAULT     DEFAULT											
PODE     P     P     FB     P     READ_DEFAULT     In COMPLETE (PRG)											
READ_DEFAULT IN FOUL COMPLETE (PRG)	L										
AT FOU COMPLETE (PRG)	1										
TO COMPLETE CEC (DEC)											-
FOULCOMPLETE_CPC (PRG)											
FOV_2XCBR_CFC (PRG)											
OPR, PRG (PRG)     OPR PRG CEC (PRG)											
MAIN (PRG)											
READ (PRG)											
TUVE (PRS)											
Visualizations											
APHU_Lins											
<ul> <li>20 FL (FL)</li> </ul>											
<ul> <li>Fov (Fov)</li> </ul>											
Global TextList											
<ul> <li>Task KPR (Task KPR)</li> </ul>											
VISU_TASK (VISU_TASK)											
b 00 APNU 1 Instance											
4 10 VO											
1 Devices	-							_	_	_	_
Mapping:	Enter List										7 X
	V . O Direct . I Warris	ng 0 22 Metzaget Clear							Search Error	List	9.
	Description A						File	Line	Column	Project	
	1 Can not find parent 'D'\or Pa	wowea\TwinCAT\Project\APNU+	Test_TwCat 3\TwinCAT J	VPNU/Japne//FOL3/J/PNU/2	Nisualization Manager. Tcl	MO' for 'Visualizations'/Visualization	TeV5'.	0	0		

Рисунок 2 — Запуск проекта ПТК ЛСПА в TwinCat 3

Окно Solution Explorer, содержит следующие программные модули:

- TwinCat System Manager конфигурационный центр для взаимодействие между ПЛК задачами, подключенным вводомвыводом. Связывает переменные между устройствами и ПЛК задачами.
- TwinCat PLC среда программирования, поддерживает все языки определенные стандартом IEC 61131-3.
- TwinCat I/O обеспечивает прямой доступ Windows к промышленным шинам (для подключения различных устройств).
   Позволяет проводить онлайн диагностику с возможностью ручного выставления сигнала.
- TwinCat System Manager содержит раздел License для лицензирования программы. Есть возможность выбрать необходимые модули на вкладке Manage License и лицензировать

только их. Для работы программы ПТК ЛСПА были лицензированы модули TC3 PLC, TC3 OPC DA.

Файлы с программным кодом располагаются в модуле TwinCat PLC в специальной папке с программными компонентами POU. Программные компоненты в ПТК ЛСПА делятся на функциональные блоки, функции, программы. Ниже приведено краткое описание компонентов, написанных на языке программирования ST с использованием стандартных библиотек. Листинги с программным кодом приведены в приложении А.

3. Функции ПТК ЛСПА

Функции – не имеют внутренней памяти. Вызываются в функциональных блоках, программах или другими функциями. Возвращают только одно значение. В ПТК ЛСПА написана на одна специальная функция FIND\_SETTING, которая предназначена для обработки массива данных конфигурации в функциональном блоке SET. Функция FIND\_SETTING использует массив уставок и возвращает значение уставки с заданным номером, т.е. выставляет соответствие переменных в программе и данных прочитанных из файла.

#### 4. Функциональные блоки ПТК ЛСПА

Функциональные блоки – логически завершенная часть программного кода, которая принимает и возвращает произвольное число значений. Может быть вызван другим функциональным блоком, программой или функцией. Используется многократно, каждый программный вызов может занимать новую область памяти.

В ПТК ЛСПА функциональными блоками описаны алгоритмы локальной автоматики:

АУВ с функцией ФОВ (функ. блок XCBR);

ФОЛ (функ. блок FOL + функ. блок RREC – блок коррекции алгоритма при действии АПВ);

КПР (функ. блок одной ступени КПР – КРК + функ. блок выбора работающей старшей ступени КПР – КРК\_sb);

АДВ (функ. блок PLM).

Для чтения подготовленного файла с уставками написаны два функциональных блока. Функциональный блок READ\_TEXT читает уставки из текстового файла и затем обрабатывает текст по заданому правилу с помощью второго функционального блока SPLIT\_TEXT.

Так же написан специальный конфигурационный блок SET, который распределяет прочитанные из файла уставки по выходным переменным для дальнейшей подстановки последних в нужные части программы. В нем отражены все действующие уставки ПТК ЛСПА.

Особенностью функциональных блоков является невозможность задания времени и приоритета исполнения. Для этих целей существуют специальные POU – программы.

5. <u>Программы ПТК ЛСПА</u>

Программы – логически завершенная часть программного кода, которая принимает и возвращает произвольное число значений. Вызов программы осуществляется задачей (Task) с заданными приоритетом и временем. Могут вызывать функциональные блоки, функции, другие программы (со своими настройками в Task).

Разбивая программный код ПТК ЛСПА на несколько логических частей с заданием нескольких Task с разным временем и приоритетом исполнения достигаем корректной работы функций ПА при экономии машинных ресурсов и прозрачности программного кода.

В ПТК ЛСПА содержатся следующие программы (подпрограммы): FOV\_2XCBR; FOL\_COMPLETE; KPR; TUV; READ; MAIN. **Программа FOV\_2XCBR.**  Предназначена для корректной работы логической части ФОВ, состоящей из двух функциональных блоков XCBR, рисунок 3. Вызов программы осуществляется задачей FOV с приоритетом исполнения 3, временем цикла 10 мс.



Рисунок 3 — Структурная схема логической части ФОВ

#### Программа FOL\_COMPLETE

Предназначена для корректной работы логической части ФОЛ (1 полукомплект, для получения сигналов с противоположной стороны ЛЭП необходимо установить такой же 2-ой полукомплект ФОЛ и связать их входные и выходные переменные для обмена данными, имитируя в таком случае УПАСК). Состоит из функционального блока FOL и блока коррекции алгоритма FOL при действии АПВ (RREC), рисунок 4. Вызов программы осуществляется задачей FL с приоритетом исполнения 4, временем цикла 10 мс.



Рисунок 4 — Структурная схема логической части ФОЛ

## Программа КРК

Предназначена для корректной работы логической части КПР. Состоит из 4 функциональных блоков КРR (один функциональный блок на каждую ступень КПР) и функционального блока координирующего работу всех ступеней КПР, рисунок 5. Вызов программы осуществляется задачей КРR с приоритетом исполнения 5, временем цикла 1000 мс.



Рисунок 5 — Структурная схема логической части КРR

## Программа TUV

Предназначена для корректного выбора таблицы управляющих воздействий при смене режима работы ПТК ЛСПА (переключения из локального в режим низового устройства ЦСПА и наоборот). При работе ПТК ЛСПА в локальном режиме рабочей ТУВ является заданная в бланке уставок соответствующая матрица УВ (локальная ТУВ). При работе в режиме низового устройства ЦСПА ТУВ, формируемая на ВУ ЦСПА, записывается в устройство и становится рабочей. В случае выдачи УВ (срабатывании устройства при наличии условий) до получения устройством новой ТУВ с ВУ ЦСПА действующей считается локальная версия таблицы (локальная ТУВ), структурная схема программы приведена на рисунке б Вызов программы осуществляется задачей APNU с приоритетом исполнения

2, временем цикла 5 мс.



Рисунок 6 — Структурная схема программы выбора ТУВ

## Программа READ

Предназначена для конфигурации ПТК ЛСПА. Состоит из функционального блока READ\_TEXT, читающий подготовленный файл с уставками и функционального блока SET, распределяющего уставки по программе, рисунок X. Вызов программы осуществляется задачей KPR с высшим приоритетом исполнения 1, временем цикла 5 мс.



Рисунок 7 — Программа логической части READ

**Программа MAIN.** Главная программа, предназначена для связи всех единый логических частей кода программный комплекс, В а также объявления переменных входных И выходных для привязки ИХ К

подключенным локальным устройствам. Вызов программы осуществляется задачей APNU с приоритетом исполнения 2, временем цикла 5 мс.

#### Руководство пользователя

#### Подключение локальных устройств к ПТК ЛСПА

- При инсталляции TwinCat 3 пользователь устанавливает на рабочую станцию библиотеки с драйверами для большинства внешних устройств.
   При отсутствии какого-либо драйвера необходимо обновить библиотеку.
- 2. Для подключения и привязки различных устройств, функциональных групп модулей (например, модуля ввода/вывода дискретных сигналов, модуля ввода аналоговых сигналов) к рабочей станции необходимо установить на сетевую карту специальный драйвер для обеспечения её совместимости с подключаемыми модулем и возможности обмена данными по технологии Ethernet.
- 3. После, в программном модуле TwinCat I/O необходимо сканировать девайсы в режиме конфигурации и определить сетевые карты, к которым подключены устройства (функциональные группы модулей).
- 4. Затем, сканировать (Scan Box) каждую найденную сетевую карту с целью определения всех подключённых к ней внешних устройств.
- 5. На заключительном этапе, необходимо привязать все входы и выходы устройства с входными/выходными переменными в программе MAIN.

Рассмотрим эти шаги более подробно на примере подключения функциональной группы №1 состоящей из набора модулей вводов/выводов дискретных и аналоговых сигналов, а также модуля ввода аналоговых сигналов тока и напряжения EL3403 (F).

1. В программе TwinCat 3 пользователь должен открыть проект ПТК ЛСПА.

В верхней строке необходимо выбрать пункт меню «TWINCAT». Затем выбрать подпункт "Show Realtime Ethernet Compatible Devices...», рисунок 8.

stallation of TwinCAT RT-Ethernet Adapters	<b>×</b>
- Ethernet Adapters	Update List
Installed and ready to use devices(realtime capable)	lin et el l
🖻 💱 Installed and ready to use devices(for demo use only)	
Подключение по локальной сети 3 - Realtek PCI GbE Family Controller	Update
E Incompatible devices	Bind
	Unbind
Подключение по локальной сети 2 - Realtek RTL8139/810x Family Fast Ethernet NIC	Enable
	Disable
	Show Bindings
4	

Рисунок 8 — Окно с настройками сетевых карт в TwinCat 3

В открывшемся окне приведен перечень всех (в нашем случае трех) сетевых карт, установленных на рабочей станции (компьютере). В разделе «Installed and ready to use devices ....» отражена подключенная сетевая карта Realtek PCI GbE Family Controller с установленным на ней Ethernet драйвером. К данной сетевой карте подключаются внешние устройства.

В разделе несовместимых устройств («Incompatible devices») отражена сетевая карта Realtek PCIe GbE Family Controller без установленных драйверов Ethernet. В разделе "Disabled devices» отражена выведенная из работы сетевая карта.

2. После конфигурации сетевых карт и подключения внешних устройств к выбранной карте необходимо в программе TwinCat I/O выбрать пункт «Device" и запустить сканирование подключений.

 Из выпадающего окна выбираем нужную сетевую карту и нажимаем «ОК», рисунок 9.



Рисунок 9 — Окно с выбором совместимых сетевых карт в TwinCat 3

В TwinCat 3 (в модуле I/O) отобразиться сетевая карта под именем «Device 2» (EtherCat).

4. Для отображения подключений необходимо выбрать «Device 2» и просканировать (Scan Box) в режиме конфигурации. В дереве «Device 2» (EtherCat) будут отражены все подключенные к сетевой карте устройства, в данном случае, подключена функциональная группа № 1(Term 1 (EK 1100) с модулями (EL 1018, EL 2828, EL 3702, EL 3403...), рисунок 10.

Solution Explorer	• ¤ ×	TwinCAT AP	NU 🕈 🗙					
○ ○ ☆ io · ≓ ฮ / ≠		General A	dapter EtherCAT Onlin	e CoE - Oi	nline			
Search Solution Explorer (Ctrl+ <del>x</del> )	<del>،</del> م	Name:	Device 2 (EtherC	AT)			ld:	2
TcCOM Objects	*	Number	Box Name	Addr	Туре	In Size	Out S	E-Bus (
		1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
APNU_I		1 2	Term 2 (EL1018)	1002	EL1018	1.0		1910
		13	Term 3 (EL1018)	1003	EL1018	1.0		1820
		4	Term 4 (EL2828)	1004	EL2828		1.0	1710
		5	Term 5 (EL2828)	1005	EL2828		1.0	1600
	- 11	₹6	Term 6 (EL3702)	1006	EL3702	44.0		1400
∠ ➡ Device 2 (EtherCAT)		17	Term 7 (EL3403)	1007	EL3403	62.0	3.0	1280
1 Image		- 8	Term 8 (EL3403)	1008	EL3403	62.0	3.0	1160
Image-Info	- 11	9	Term 9 (EL9011)		EL9011			
SyncUnits	- 11							
Inputs	- 11							
Outputs	- 11							
🕨 🛄 InfoData	- 11							
Term 1 (EK1100)								
📸 Mappings	-							
Solution Explorer Toolbox Properties Error List								

Рисунок 10 — Перечень подключенных устройств (модулей) в TwinCat 3

При выборе, например, модуля ввода аналоговых сигналов тока и напряжения EL 3403 в программе будут отражены его аналоговые вводы тока, напряжения, мощности и другие вспомогательные данные, рисунок 11.

Solution Explorer	• ¶ ×	TwinCAT APNU 👎	×						
○ ○ ☆ 'o · ≈ 副 / -		General EtherCA	T Process Data	Startup CoE -	Online	Online			
Search Solution Explorer (Ctrl+ж)	ρ-	Name:	Term 8 (EL3403)	1				ld:	8
<ul> <li>Term 6 (EL3702)</li> <li>Term 7 (EL3403)</li> <li>Term 8 (EL3403)</li> </ul>	^	Туре:	0x03020008 EL3403 3Ch. Por	wer Measuring					
A 🔁 PM Inputs Channel 1		Name	Online	Туре	Size	>Ad	In/O	User	Linked to
✓ IXPD0 loggle		🕶 TxPDO Toggle	0	BIT	0.1	134.7	Input	0	
Voltage		🕶 Current	0	DINT	4.0	135.0	Input	0	
Active power		🕫 Voltage	0	DINT	4.0	139.0	Input	0	
1 Index		🕫 Active power	0	DINT	4.0	143.0	Input	0	
🔁 Variant value		🕫 Index	0	USINT	1.0	147.0	Input	0	
PM Inputs Channel 2		🕫 Variant value	0	DINT	4.0	149.0	Input	0	
PM Inputs Channel 3	- 11	🕶 TxPDO Toggle	0	BIT	0.1	154.7	Input	0	
👂 🛄 PM Status data	- 11	🕶 Current	0	DINT	4.0	155.0	Input	0	
🕨 唱 PM Outputs Channel 1	- 11	🕫 Voltage	0	DINT	4.0	159.0	Input	0	
PM Outputs Channel 2	- 11	🕫 Active power	0	DINT	4.0	163.0	Input	0	
PM Outputs Channel 3		🕶 Index	0	USINT	1.0	167.0	Input	0	
WcState	-	🔊 Variant value	0	DINT	4.0	169.0	Input	0	
Solution Explorer Toolbox Properties Error List		🔁 TxPDO Toggle	0	BIT	0.1	174.7	Input	0	

Рисунок 11 — Модуля ввод аналоговых сигналов тока и напряжения EL 3403 Необходимо отметить, при подключении и подачи аналоговых сигналов переменного тока и напряжения в окне программы будут показаны действующие значения данных сигналов.

5. Для привязки внешних сигналов к переменным программы достаточно нажать правой клавишей мыши по нужному сигналу, выбрать пункт «Change Link» и из списка выбрать нужную переменную щелкнув по ней левой клавишей мыши.