

Автоматический Регулятор Возбуждения

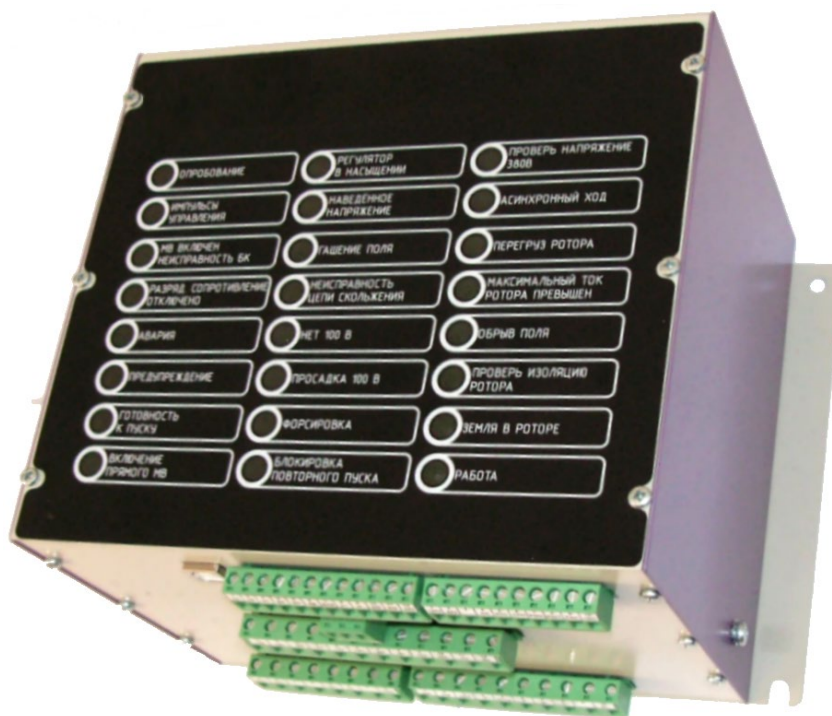
Микропроцессорный блок управления тиристорным возбудительным устройством

Техническое описание.

Инструкция по эксплуатации.

Rev.180118

FirmWare v8.54



1.	Введение	3
1.1	Назначение	3
1.2	Выполняемые функции:	3
1.3	Виды защит	4
1.4	Связь	4
1.5	Технические характеристики.....	4
1.6	Установочные и габаритные размеры.....	5
1.7	Комплектация.....	5
2.	Индикация	6
3.	Автоматическая подача возбуждения.....	7
4.	Подача возбуждения в функции частоты и фазы наведённого напряжения с учётом нагрузки двигателя.....	7
5.	Выпадение двигателя из синхронизма и его самозапуск	8
6.	Выключение двигателя. Защита от частых пусков.....	8
7.	Датчик скольжения. Защита от асинхронного хода	9
8.	Контур тока ротора.....	9
9.	Фильтр обратной связи тока ротора.....	10
10.	ПИ-регулятор тока ротора	10
11.	Формирователь задания регулятора тока	10
12.	Защита «Перегруз ротора».....	10
13.	Максимально-токовая защита (МТЗ).....	11
14.	Защита от потери тока возбуждения.....	11
15.	Контроль исправности канала управления тиристорами.....	11
16.	Контроль тока статора.....	11
17.	Контроль напряжения статора.....	12
18.	Автоматический регулятор возбуждения (АРВ).....	12
19.	АРВ3 стабилизация напряжения статора	12
20.	АРВ7 стабилизация тока статора	12
21.	Переключение режима регулятора «Ручной/Автоматический»	12
22.	Контур COS ϕ	13
23.	Защита от смены направления мощности	13
24.	Совместная работа с преобразователем частоты	13
25.	Контроль изоляции	13
26.	Связь	13
27.	Связь по интерфейсу USB.....	14
29.	Регистратор событий	14

1. Введение

1.1 Назначение

АРВ (в дальнейшем - блок) предназначен для управления тиристорным возбудительным устройством синхронного двигателя и обеспечивает питание обмотки возбуждения синхронного двигателя автоматически регулируемым выпрямленным током при прямом, реакторном пуске, совместной работе с устройствами плавного пуска и регулирования частоты вращения синхронных двигателей, синхронной работе и других режимах. Блок позволяет управлять мостовыми и нулевыми схемами выпрямления, в том числе с параллельным включением тиристоров (1,2,4 тиристора на фазу) и отдельными группами тиристоров.

1.2 Выполняемые функции:

1. автоматическая подача возбуждения при прямом, реакторном или частотном пуске синхронного двигателя в функции частоты и фазы э.д.с скольжения в обмотке возбуждения с учётом нагрузки на привод;
2. функция энергосбережения (по $\cos\phi$) для приводов со спокойной нагрузкой;
3. определение состояния двигателя (пуск/отключение) по току статора;
4. Режимы АРВ:
 - стабилизация тока возбуждения;
 - стабилизация $\cos\phi$;
 - минимальная активная мощность;
 - стабилизация напряжения статора;
 - стабилизация тока статора;
 - стабилизация напряжения и тока статора;
5. сохранение работоспособности двигателя при кратковременном исчезновении питания (например, при срабатывании АРВ);
6. форсирование возбуждения для уверенного втягивания двигателя в синхронизм при пуске;
7. форсирование возбуждения для удержания двигателя в синхронизме при снижении напряжения статора. При отсутствии или ненормально низком напряжении статора форсировка не происходит;
8. автоматическое снижение тока возбуждения до заданного значения при перегрузе по току ротора (например, форсировка при длительной просадке напряжения статора). Момент срабатывания защиты по перегрузу определяется тепловой моделью ротора по зависимости i^2t ;
9. ограничение максимального и минимального тока возбуждения;
10. быстрое гашение поля ротора путем инвертирования при отключении двигателя;
11. блокирование импульсов управления тиристорами в аварийных ситуациях, при этом, для отключения двигателя, включается реле аварийной сигнализации К5;
12. непрерывный автоматический контроль изоляции ротора;
13. запись осциллограммы аварийных событий в энергонезависимой памяти с часами реального времени;
14. ключ хранения резервной копии уставок параметров;
15. режим опробования (проверяется датчик скольжения и уставка рабочего тока);
16. режим наладки (в основном используется при вводе возбудителя в эксплуатацию, в данном режиме, с помощью кнопок регулирования тока, можно изменять угол управления тиристорным преобразователем, максимально токовая защита при этом функционирует);
17. связь со схемой управления выключателями посредством статусных реле:
 - Р (К6) – реле повторитель блок контактов выключателей;
 - РРП (К2) – реле разрешения пуска ;
 - РВМ (К3) – реле включения прямого масляного выключателя (при реакторном пуске)/индикатор тока для частотного преобразователя
 - РАС (К5) – реле аварийной сигнализации
 - РПС (К4) – реле предупредительной сигнализации
 - РПО (К7) - реле пользователя
18. индикация режимов работы, подробных причин аварий/предупреждений и состояния реле;
19. Интеграция в АСУ ТП: телеметрия и телеуправление по сети RS485, RS232, Ethernet по протоколам MODBUS RTU/ASCII или MODBUS TCP/IP, при этом для контроля доступны все параметры системы:
 - ток ротора;
 - ток и напряжение статора;
 - состояние дискретных входов
 - состояние всех релейных выходов;
 - подробные причины аварий/предупреждений;
 - уставки защит;

1.3 Виды защит

1. от внутренних и внешних замыканий в цепях тиристорного преобразователя;
2. от длительного асинхронного хода двигателя;
3. от пропадания тока возбуждения;
4. от пробоя изоляции ротора на землю;
5. от недопустимых перегрузок по возбуждению (действие тепловой модели ротора I^2t);
6. от ложной подачи возбуждения на выключенный двигатель при неисправности блок контактов выключателей;
7. от неисправности блок контактов выключателей;
8. автоматический переход на заданную уставку тока при обнаружении неисправности автоматического регулятора
9. от частых пусков двигателя;
10. низкого напряжения статора;
11. смена направления мощности;
12. снижение напряжение статора;
13. неисправность канала управления тиристором выпрямителя
14. предупреждении о необходимости провести профилактику двигателя

1.4 Связь

В блоке стандартно присутствует последовательный интерфейс USB, посредством которого производится настройка блока. Поставляемые опционально интерфейсы: RS485, RS232, Ethernet с сетевыми протоколами, позволяют интегрировать систему «выключатель – двигатель – возбудитель» в сеть АСУ ТП, проводить контроль состояния системы, дистанционное параметрирование и опробование блока перед пуском.

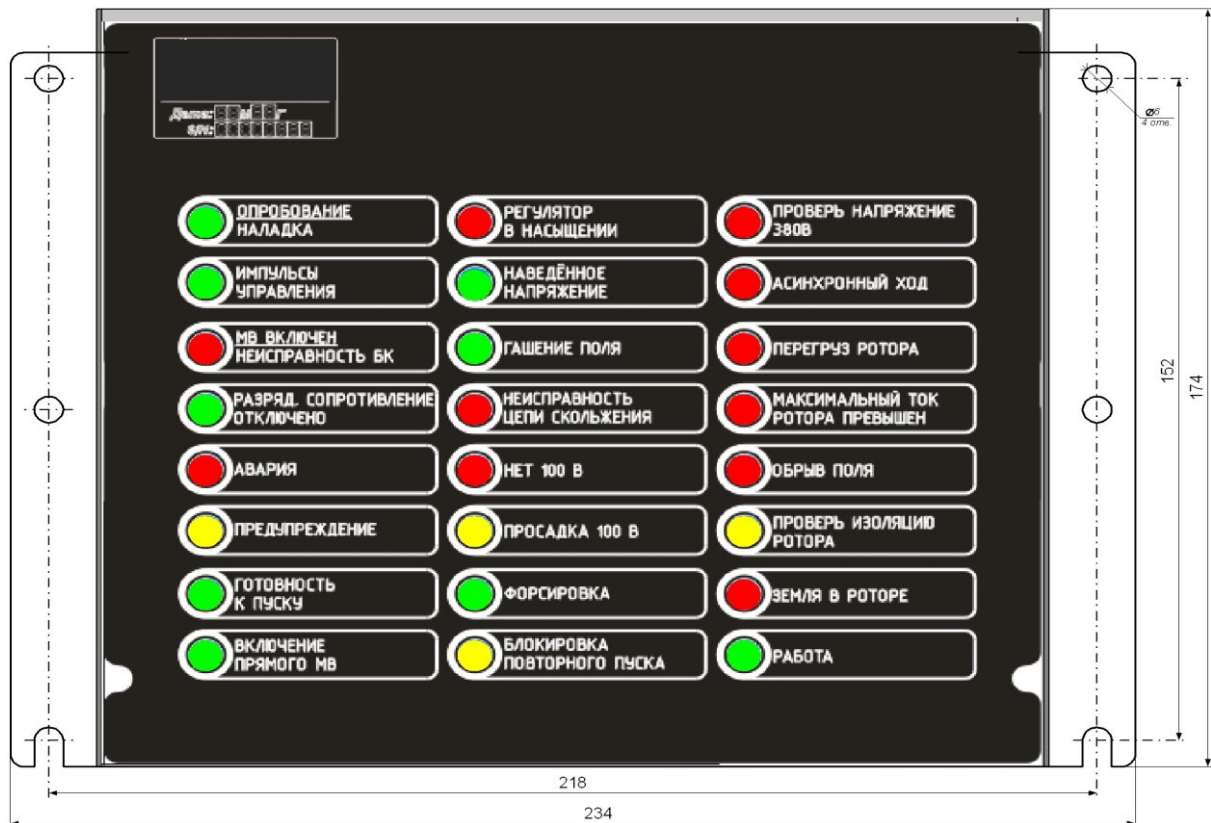
Интерфейс RS485, RS232, Ethernet (разъём X1)

протокол: (RS485, RS232) MODBUS RTU
(Ethernet) MODBUS TCP/IP
ряд скоростей: (RS485, RS232) 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 57600, 115200 BPS
(Ethernet) 10/100MBPS

1.5 Технические характеристики

Габариты:	234 x 174 x 141мм (ширина x высота x глубина)	
Масса:	2,9	[кг]
Напряжение питания:		
переменное напряжение:	100 – 380	[В]
постоянное напряжение:	140 – 250	[В]
Потребляемая мощность:	15	[Вт]
Рабочий диапазон температур:	-40...+85	[°C]

1.6 Установочные и габаритные размеры

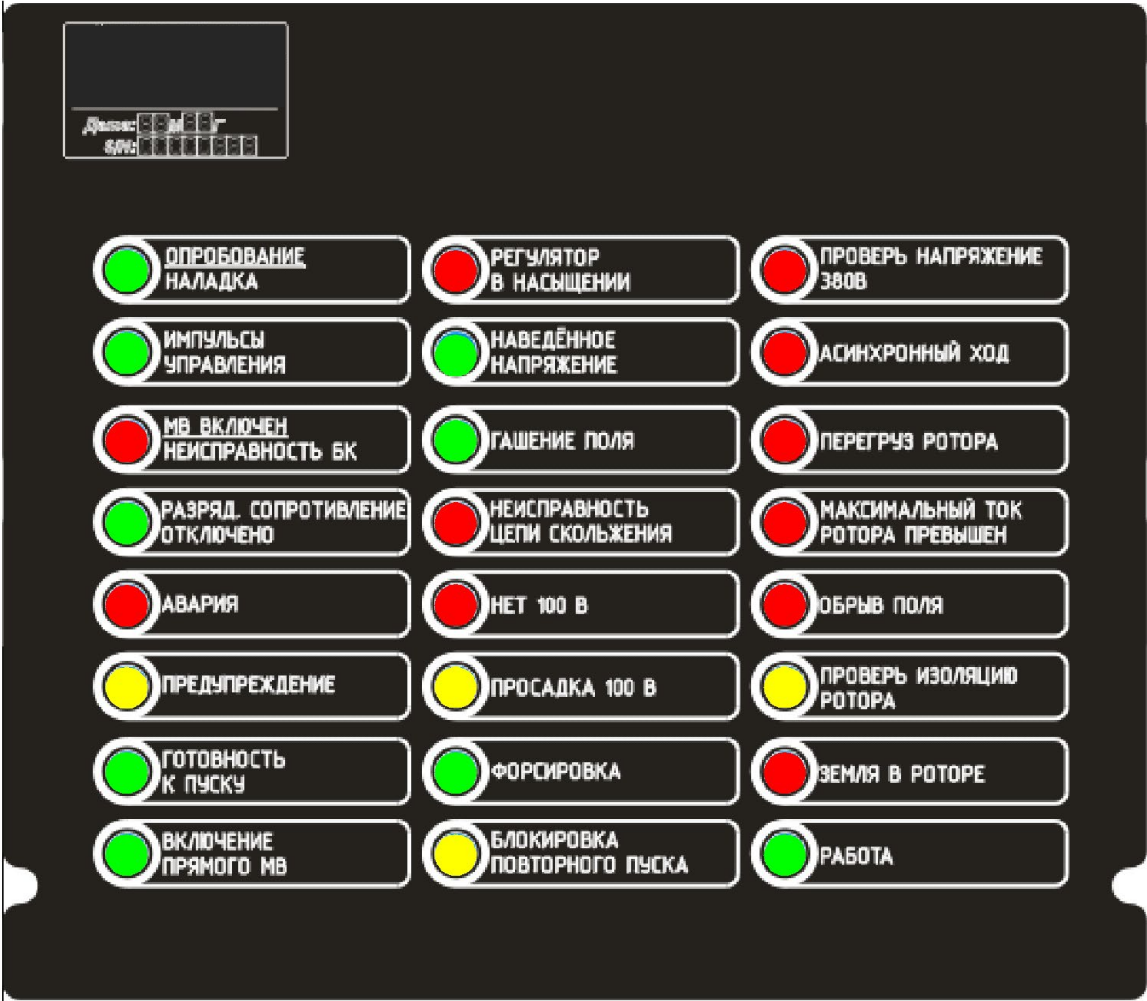




1.7 Комплектация

Комплект поставки включает в себя:

- | | |
|---|------|
| 1) микропроцессорный блок возбуждения АРВ | 1шт. |
| По требованию: | |
| 1) CD диск | 1шт. |
| Содержание диска: | |
| - программное обеспечение Ajuster для настройки АРВ | |
| - техническое описание и инструкция по эксплуатации | |
| 2) *кабель USB-B для связи с ПК | 1шт. |

2. Индикация



<p>Опция 1</p> 	<p>Опция 2</p> 
<p>Терминал ввода-вывода данных, 5.6" цветной TFT LCD дисплей, сенсорный экран, RS485, с программой отображения/редактирования параметров АРВ</p>	<p>Графический OLED дисплей с плёночной клавиатурой, RS485 и программой отображения/редактирования параметров АРВ</p>
<p>Большинство возможностей предоставляемых сервисной программой Ajuster, реализовано в программном обеспечении ЖК дисплея.</p>	<p>Просмотр основных параметров, аварий и предупреждений. Редактирование параметров</p>
<p>Подключаются к АРВ через интерфейс RS485, питание возможно от АРВ, и от независимого источника. При питании от независимого источника, дисплей может размещаться на расстоянии до 500м от шкафа возбудителя.</p>	

3. Автоматическая подача возбуждения

В блоке реализована автоматическая подача возбуждения в функции частоты и фазы скольжения, с учётом загруженности двигателя. При этом обеспечиваются:

- наилучшие энергетические характеристики при пуске синхронного двигателя;
- перезапуск при выпадения двигателя из синхронизма;
- само запуск вращающегося двигателя после кратковременного пропадания напряжения;

Важным условием для подачи/сохранения/снятия возбуждения является однозначное определение состояния двигателя «включен/выключен». Блок определяет состояние двигателя по блок контакту выключателей, току статора, наличию наведённого напряжения.

Работа блока при пуске синхронного двигателя начинается с проверки всех условий пуска для исключения ложной подачи возбуждения на выключенный двигатель.

Для подачи тока возбуждения необходимо:

1. Наличие тока статора электродвигателя;
2. Присутствие наведённого напряжения. Достаточно кратковременного (в течение 0.04 сек.) появления наведённого напряжения (например, пуск лёгкого двигателя без нагрузки). Наличие наведённого напряжения и его частота определяются датчиком скольжения.
3. Размыкание нормально замкнутого блок контакта выключателя двигателя;

4. Подача возбуждения в функции частоты и фазы наведённого напряжения с учётом нагрузки двигателя

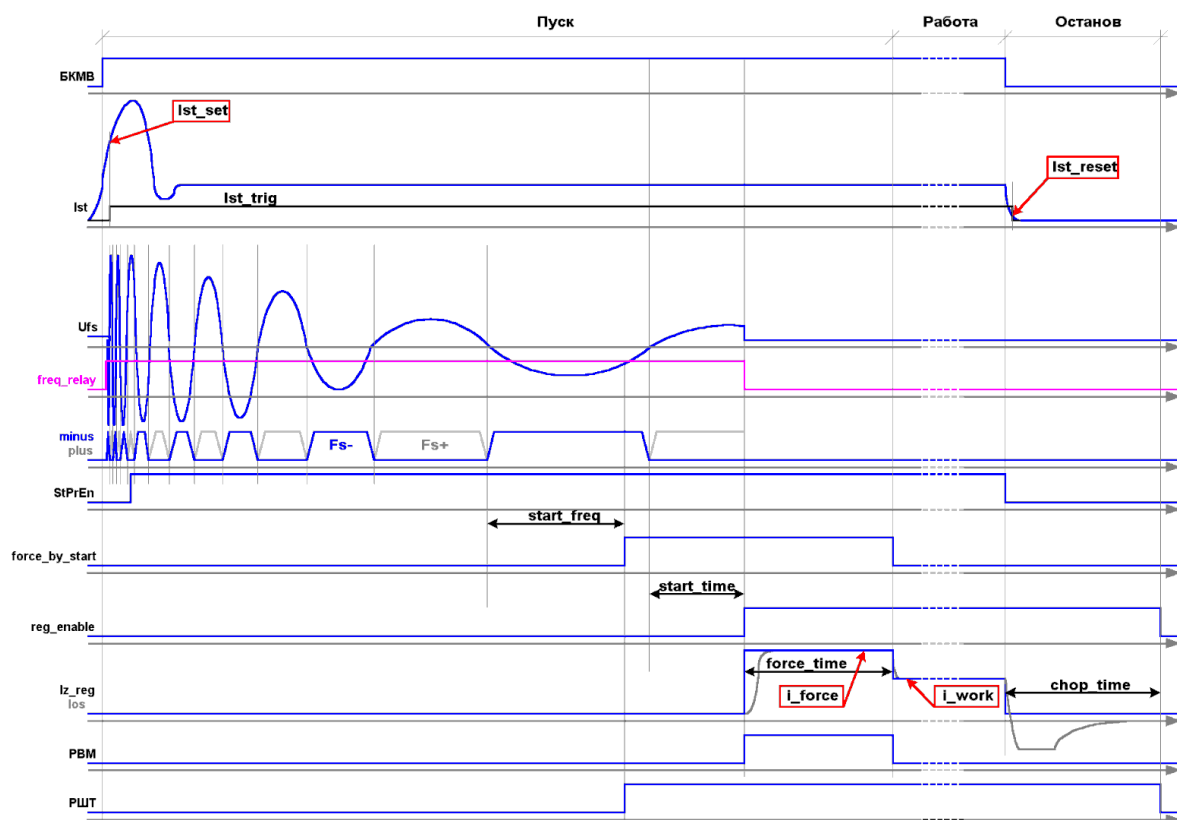


Рис. 1 Процесс пуска с подачей возбуждения в функции частоты. Работа. Выключение двигателя.

Процесс подачи возбуждения в функции частоты и фазы э.д.с. скольжения может развиваться по трём вариантам, выбор одного из вариантов осуществляется автоматически, и зависит от загруженности двигателя на момент пуска. Виды пусков по загруженность двигателя:

Нормальный пуск (с номинальной нагрузкой)

Лёгкий пуск (без нагрузки)

При пуске двигатель быстро разгоняется, происходит его самосинхронизация с сетью, наведённое напряжение быстро исчезает.

Подача возбуждения происходит сразу после определения отсутствия скольжения,

Тяжёлый пуск (под воздействием внешних условий нагрузка выше номинальной)

Частота скольжения при пуске выше уставки частоты заданной для номинальной нагрузки и ток статора ниже **IstMAX**, то подача возбуждения возможна, и дальнейшие действия определяются фазой наведённого напряжения:

- в положительном полупериоде, возбуждение подаётся сразу;
- если полупериод наведённого напряжения отрицательный, то ожидается его завершение, возбуждение подаётся в следующий за ним положительный полупериод;



Если по истечении времени тяжёлого пуска **HS_count** частота наведённого напряжения окажется выше частоты тяжёлого пуска, возбуждение не подаётся!

Выпадение двигателя из синхронизма и его самозапуск

В процессе работы синхронного двигателя вероятна ситуация его выпадения из синхронизма, что может произойти по разным причинам, например кратковременное пропадание напряжения при срабатывании АВР (дополнительно см. п. «**Защита от генераторного режима**»), просадке напряжения статора, резкое возрастание нагрузки на валу и т.п.

В любом случае, выпадение из синхронизма возбуждённого двигателя сопровождается появлением в роторе наведённого напряжения. При появлении отрицательной полуволны происходит гашение поля, при появлении положительного полупериода будет восстанавливаться заданный ток возбуждения. Если при перезапуске, частота наведённого напряжения окажется ниже частоты тяжёлого пуска, то при появлении положительного полупериода произойдет подача возбуждения с форсировкой (см.п. «**Подача возбуждения в функции частоты и фазы наведённого напряжения**»)

Перезапуск длится до срабатывания **защиты от асинхронного хода**.

5. Выключение двигателя. Защита от частых пусков



Аварийное отключение двигателя происходит без гашения поля см.п. "Функции реле. Реле аварийной сигнализации K5 (PAC)"

Отключение двигателя может определяться по двум признакам (см. "Контроль тока статора"):

1. Размыкание блок контактов выключателей
2. Снижение тока статора ниже уставки **IstRESET**, при этом:
 - 1) Определение отключения двигателя происходит мгновенно, если снижение тока статора ниже уставки **IstRESET** совпало с замыканием контакта состояния выключателя двигателя (что свидетельствует об отключении выключателя)
 - 2) Определение отключения двигателя происходит с задержкой (заданной в параметре **IstSTOP_Time**) если ток статора ниже уставки **IstRESET** в течение времени **IstSTOP_Time** а контакт состояния выключателя показывает что выключатель включён.

В любом случае, отключение двигателя происходит в следующей последовательности:

1. Выключение реле PBM (если было включено);
2. Перевод преобразователя в инверторный режим, длительность которого задаётся параметром **chop_time**;

При завершении инвертирования:

1. выключается реле K1(РШТ);
2. снимаются импульсы управления тиристорами;
3. запускается защита от частых повторных пусков, при этом блокируется (отключением реле готовности K2(РРП)) повторное включение двигателя до истечения времени, определяемого параметром **next_start**;

7. Датчик скольжения. Защита от асинхронного хода

Наличие или отсутствие наведённого напряжения в роторе определяет «реле частоты», состояние которого отражает флаг **freq_relay**. При появлении наведённого напряжения в роторе **freq_relay=1**, **freq_relay = 0** – при его отсутствии. Присутствие в данный момент положительной или отрицательной полуволн наведённого напряжения отображается флагами **fs+**, и **fs-** соответственно.

Защита от асинхронного хода контролирует состояние флага **freq_relay**. При его установке в «1» начинается отсчёт интервала времени асинхронного хода, определяемого параметром **async_run_time**. Если за это время, наведённое в роторе напряжение не исчезнет, то установится в «1» флаг асинхронного хода **async_fail**, что приведёт к срабатыванию реле аварийной сигнализации К5 (РАС), и отключению двигателя. Сброс защиты происходит после нажатия кнопки деблокировки защит SB1 (КД).

Опция NSD (NegativSlideDetector - детектор отрицательного скольжения)

Для более точного определения отрицательной составляющей наведённого напряжения при выпадении двигателя из синхронизма параллельно датчику скольжения устанавливается плата фильтрации шумов NSD (блок А12).

NSD позволяет произвести фильтрацию появившегося наведённого напряжения заданной амплитуды в рамках выставленного диапазона.

Частота фильтра задаётся конденсаторами, которые подключаются с помощью съёмных перемычек.

X6 подключает 5нФ

X7 подключает 10нФ

X8 подключает 20нФ

С помощью трёх перемычек входную ёмкость можно менять от 5нФ до 35нФ (если замкнуть все перемычки) с шагом 5нФ. Если ни одна из перемычек не установлена, то фильтрация сигнала не производится.

Точный расчёт полосы пропускания входного фильтра нецелесообразен, так как зависит от параметров входного транзистора и имеет погрешность $\pm 5\text{Гц}$ (зависит от входной ёмкости) между экземплярами.

Примерные значения частот:

5нФ - 30Гц

10нФ - 15Гц

15нФ - 10.2Гц

20нФ - 7.5Гц

25нФ - 6.1Гц

30нФ - 5.1Гц

35нФ - 4.35Гц

Входная цепь отсекает положительные импульсы, а отрицательные усредняются с постоянной времени обратно пропорционально частоте.

8. Контур тока ротора

Блок контроля тока ротора включает в себя следующие программно-аппаратные элементы:

1. Датчик тока ротора шунтовой (основной датчик) – используется стандартный шунт 75мВ, дискретность АЦП - 12 бит.
2. Фильтр тока обратной связи – сглаживает пульсации датчика тока.
3. ПИ регулятор тока ротора – поддерживает ток ротора с точностью не хуже $\pm 2\%$ заданного значения, компенсируя влияние внешних факторов (колебаний напряжения питающей сети, температуры ОВ)
4. Система импульсно-фазового управления (СИФУ) дискретность 0,00977 эл.град.
5. Формирователь задания тока ротора – обеспечивает корректное задание тока ротора во всех режимах работы двигателя.
6. Защита от коротких замыканий (МТЗ) – формирует сигнал аварийного отключения двигателя и снимает возбуждение при достижении током ротора уставки МТЗ.
7. Защита от потери тока возбуждения.
8. Тепловая модель ротора – защищает обмотку ротора от перегрева (i^2t).

9. Фильтр обратной связи тока ротора

Фильтр характеризуется постоянной времени **Tcf** настройка, которой сводится к субъективной оценке качества получаемого тока обратной связи в параметре **ios** содержащем мгновенные значения тока ротора. Излишнее быстроедействие фильтра, или отказ от его использования приводят к резким колебаниям угла управления (а следовательно и напряжения возбуждения) при работе системы регулирования.

10. ПИ-регулятор тока ротора

ПИ-регулятор тока осуществляет стабилизацию заданного тока возбуждения. Заданием для регулятора является содержимое параметра **Iz_reg**, значение которого сравнивается с сигналом обратной связи **Ios**. Блокировка регулятора (снятие и запрет импульсов управления) осуществляется флагом **PWR**. Результатом работы регулятора, является код угла управления тиристорным преобразователем **A**, ограниченный минимальным и максимальным углами управления определяемые параметрами **Amin** и **Amax** соответственно. При достижении минимального угла управления устанавливается флаг **reg_overflow**.

Настройка ПИ регулятора сводится к определению оптимальных параметров регулятора: коэффициента усиления (**Ky**), постоянной времени интегральной (**Ti**) составляющей.

Параметры ПИ-регулятора при включении блока копируются из энергонезависимой (**Flash**) памяти в оперативную память (**RAM**).

11. Формирователь задания регулятора тока

Работа формирователя задания регулятора тока сводится к воздействию на вход ПИ-регулятора (параметр **Iz_reg**):

1. При инвертировании (флаг **Choping**) на регулятор подаётся и удерживается нулевое задание, что приводит к установлению угла инвертирования **Amax** для быстрого гашения поля.
2. Задание тока возбуждения, определяемое параметрами **I_force**, **Iz**, **Iz_tech**, ограничено сверху и снизу величинами **Izmax** и **Izmin** соответственно.
3. Задание тока возбуждения ограничено сверху параметром **logr**, текущее значение которого определяется действием тепловой модели ротора.
4. Появление сигналов форсировки **Ust_force** (форсировка при просадке напряжения статора) или **force_by_start** (форсировка при подаче возбуждения при пуске) отключает ручное (**Iz**) и автоматическое (**Iz_tech**) управление током возбуждения, при этом на вход задания регулятора подаётся значение тока форсировки определяемое параметром **I_force** нарастающее с заданным темпом (для **force_by_start** максимальный, для **Ust_force** задан параметром **Tzi**).

В режиме опробования (**test_mode=1**) возможно только ручное управление током возбуждения, кнопками (**Ip+**), (**Ip-**) на лицевой панели возбудителя.

Настройка формирователя сводится к заданию верхнего и нижнего пределов изменения тока задания (параметры **Izmax**, **Izmin**) на уровне не более $1.5I_n$ и не менее $0.5I_n$ соответственно. Ограничение минимального и максимального тока задания защищает преобразователь как от ошибочных действий персонала, при изменении тока возбуждения в ручную, так и от ошибок связанных с ненормальным функционированием внешнего контроллера или контура cosφ, или неисправности информационной сети, при дистанционном управлении.

12. Защита «Перегруз ротора»

Тепловая модель ротора служит для защиты обмотки ротора от перегрева в случае длительного превышения током ротора номинального значения. Причиной тому может быть как длительная просадка напряжения статора, вызвавшая форсировку тока возбуждения, так ошибочные действия обслуживающего персонала.

Поскольку реальные тепловые характеристики обмотки возбуждения определить сложно, предлагается упрощенная тепловая модель с зависимостью i^2t . Для косвенных расчётов используется ток ротора **Ios**.

Тепловая модель характеризуется постоянной времени нагрева обмотки возбуждения **Ti2t**. Основной настройкой является определение постоянной времени нагрева обмотки.

При работе, тепловая модель накапливает тепло с интенсивностью **Ti2t**, количество тепла отображается в параметре **i2t**. При длительной работе на токах форсировки, количество тепла превысит уставку **I2t_set** = $0,95 I_{force}^2$, флаг **i2t_operate** установится в **1** и ток возбуждения автоматически снизится до значения **iommin** = $1,05 I_z$, начнётся процесс остывания ротора. Когда заданный в ручную или выставленный АРВ ток возбуждения станет ниже **iommin** и количество тепла в роторе станет ниже **I2t_reset** (ротор остынет) **i2t_operate** установится в **0**, и допустимый ток задания снова возрастёт до уставки **iomax**.

МБВ.008

При срабатывании защиты «Перегруз ротора» **i2t_operate** установится в **1**, при этом на панели индикации загорается светодиод «Перегруз ротора» и включается реле предупредительной сигнализации К4, после остывания ротора, защита автоматически сбрасывается (**i2t_operate** установится в **0**) светодиод «Перегруз ротора» гаснет, реле К4 выключается.

13. Максимально-токовая защита (MT3)

Схема защиты от короткого замыкания (MT3) использует данные обратной связи тока ротора **los** (от шунта 75мВ), и срабатывает при превышении заданной уставки тока преобразователя (параметр **lmtz**), т.е. при любых видах коротких замыканий в нагрузке возбудителя.

Так же, для защиты от коротких замыканий в цепи тиристорного выпрямителя, с помощью трансформаторов тока измеряется ток на входе выпрямителя, ток выпрямителя отображается в параметре **los_TT**.

Настройка MT3 сводится к установке параметра **lmtz** на уровень (2...2,5) $I_{pн}$, и **iMTZ_TT** на уровень **lmtz/1.4**

Превышение током обратной связи **los** данной уставки **lmtz** или превышение **los_TT** уставки **iMTZ_TT**, приводит к установке флага **mtz**, воздействующего на реле К5 (**РАС**), при этом происходит немедленное снятие возбуждения без инвертирования, и отключение двигателя. Сброс защиты производится при нажатии кнопки деблокировки SB1 (КД).

При наладке, требуется проследить, чтобы уставки **lmtz** и **iMTZ_TT** не превышали 0x0FFF

14. Защита от потери тока возбуждения

Если в процессе работы двигателя происходит исчезновение тока в цепи ротора (ток ротора **los** меньше уставки **losFieldFlt**), то запускается таймер защиты от потери тока возбуждения, выдержка времени которого задаётся параметром **field_fail_time**. При срабатывании таймера устанавливается флаг **field_fail**, что приводит к срабатыванию реле аварийной сигнализации РАС (К5), и отключению выключателя двигателя.

Сброс флага **field_fail** возможен только при нажатии кнопки деблокировки КД (SB1).

Установка в **1** параметра **FFI** позволяет блокировать срабатывание защиты на отключение, при этом информация о срабатывании защиты отображается на панели индикации красным светодиодом «Обрыв поля».

Параметр	Тип	Address		Диапазон значений	Примечание
		Flash	RAM	Physical	
losFieldFlt	WORD	✓	None	0,8 Izmin	Уставка обрыва поля
field_fail_time	DWORD	✓	None	1-5 [сек]	Время срабатывания защиты «Обрыв поля»
field_fail	Bit	None	✓	0/1	Флаг срабатывания защиты «Обрыв поля»
FFI	Bit	✓	None	0/1	0 – срабатывание «Обрыв поля» включает реле К5 1 – срабатывание «Обрыв поля» игнорируется

15. Контроль исправности канала управления тиристорами

Для контроля состояния тириستоров, требуется подключение трансформаторов тока перед выпрямителем (функция совмещена с формированием **iMTZ_TT**).

Уставкой **cRECT_NORM_IMP** задаётся количество тиристоров выпрямителя:

3 – нулевая схема выпрямления

6 – мостовая схема выпрямления

cRECT_NORM_IMP находится в калибровочной секции уставок параметров!

Если количество проводящих ток тиристоров (отображаются в параметре **ThyState**) отличается от заданного уставкой **cRECT_NORM_IMP**, в течение времени заданного уставкой **ThyCtrlFltTime**, то устанавливается в «1» флаг неисправности канала управления тиристоров **ThyCtrlFault**, при этом, если разрешено аварийное отключение по данному событию (**ThyCtrlFaultEnable** = 1) происходит аварийное отключение двигателя.

16. Контроль тока статора

Контроль тока статора производится для измерения его величины и определения состояния двигателя. В процессе работы блок измеряет ток статора (среднее значение которого доступно в параметре **Ist**, сравнивает его с уставками, хранящимися в параметрах **IstSet** и **IstReset**, результат сравнения находится в параметре **Ist_st_trig** который однозначно определяет, включён двигатель или нет. Параметрами **IstSet** и **IstReset**, задаётся гистерезис компаратора тока статора, исключающий ложное определение состояния двигателя. Рекомендуется устанавливать **IstReset** на уровне 1%÷5% **Istn** но не меньше 0x03, а **Ist_set** 10%÷15% **Istn**.

МБВ.008

Для обеспечения устойчивой работы двигателя на холостом ходу, при включённом выключателе (**MV_on** = 1) **Ist_st_trig** сбрасывается в «0» не сразу при снижении **Ist** ниже уставки **IstReset**, а при условии что **Ist** ниже **IstReset** в течение времени **IstSTOP_Time**. Если выключатель выключается (**MV_on** становится равным «0») одновременно со снижением тока статора **Ist** менее **IstReset** то **Ist_st_trig** сбрасывается в «0» незамедлительно, при этом флаг неисправности выключателя **MV_err** должен быть «0», в противном случае, формирование сигнала **Ist_st_trig** происходит без учёта состояния выключателя.

В автоматическом режиме стабилизации заданного cosφ, при снижении нагрузки, уровень тока статора автоматически ограничивается по минимуму уставкой **IstReset**.

17. Контроль напряжения статора

Контроль напряжения статора ведётся с целью:

1. подачи повышенного тока возбуждения (значение параметра **i_force** – ток форсировки), при просадке напряжения статора, для исключения выпадения двигателя из синхронизма. Форсировка допускается только в рабочем режиме электропривода;
2. предотвращения подачи повышенного тока возбуждения при отсутствии контроля напряжения статора в процессе работы электропривода (например, отключение автомата напряжения «~100 В»);
3. запрета пуска двигателя при отсутствии напряжения статора (опционально);
4. блокировки АРВ при отсутствии напряжения статора;
5. обратная связь для АРВ3;

В блок поступает напряжение статора (100В или 380В выбирается переключкой внутри блока, величина напряжения согласуется при заказе блока). Величина напряжения статора доступна для чтения в параметре **Ust**. Блок контролирует напряжение статора, и в зависимости от его уровня устанавливает в соответствующее состояние флаги **Us_low** (просадка) и **Ust_fail** (отсутствие).

Если параметр **UstFligno** = 0, система управления блокирует пуск двигателя при отсутствии или глубокой просадке напряжения (**Ust_fail**=1), при этом запрещено включение реле разрешения пуска К2 (РРП) до тех пор, пока напряжение статора не восстановится. Если параметр **UstFligno** = 1, то запуск двигателя разрешён вне зависимости от наличия напряжения статора и его величины.

18. Автоматический регулятор возбуждения (АРВ)

Автоматический регулятор возбуждения обеспечивает следующие режимы:

- стабилизация тока возбуждения;
- стабилизация cosφ;
- минимальная активная мощность;
- стабилизация напряжения статора;
- стабилизация тока статора;
- стабилизация напряжения и тока статора;

19. АРВ3 стабилизация напряжения статора

АРВ3 применяется для поддержания напряжения статора и повышения устойчивости двигателя при глубоких просадках напряжения.

20. АРВ7 стабилизация тока статора

АРВ7 применяется для повышения устойчивости двигателя при увеличении нагрузки на валу.

21. Переключение режима регулятора «Ручной/Автоматический»

В блоке на клемме Х2.10 предусмотрен дискретный вход переключателя режима автоматического регулятора возбуждения. При замкнутом на –24В входе, принудительно устанавливается стабилизация тока возбуждения («Ручной» режим). Когда вход разомкнут, режим работы определяется параметром **Ir_mode**.

22. Контур COS φ

Контур $\cos\phi$ является внешним по отношению к контуру тока ротора, и подключается при необходимости стабилизировать угол ϕ двигателя.

Наиболее экономичным режимом является режим $\cos \phi = 1$, при этом ток возбуждения соответствует минимальному току статора при работе двигателя под нагрузкой. Для обеспечения устойчивой работы двигателя в режимах близких к холостому ходу (ток статора стремится к нулю) регулятор косинуса ограничен уставкой **IstRESET** чтобы исключить перезапуск двигателя.

23. Защита от смены направления мощности

Действие защиты ускоряет перезапуск и ресинхронизацию двигателя и выключает двигатель в случае затянувшегося (более чем уставка GM) времени перезапуска.

24. Совместная работа с преобразователем частоты

!	Возможна адаптация контроллеров к любым устройствам плавного пуска и регулирования скорости вращения синхронных двигателей
---	---

Блок адаптирован к совместной работе с большинством применяемых устройств плавного пуска (УПП) и регулирования скорости вращения синхронных двигателей.

На этапе синхронного пуска и регулирования скорости вращения, реализованы следующие способы управления возбуждением:

1. Дискретный сигнал включения возбуждения от УПП по которому подаётся заданная уставка тока возбуждения, дискретный сигнал подачи форсировки УПП по которому подаётся заданная уставка тока возбуждения
2. Дискретный сигнал включения возбуждения от УПП, уставка возбуждения пропорциональна сигналу частоты
3. Дискретный сигнал включения возбуждения от УПП, уставка возбуждения пропорциональна скважности сигнала
4. Дискретный сигнал включения возбуждения от УПП, уставка возбуждения пропорциональна сигналу 4-20мА
5. Дискретный сигнал включения возбуждения от УПП, уставка возбуждения пропорциональна сигналу напряжения -5..+10В
6. Дискретный сигнал включения возбуждения от УПП, уставка возбуждения пропорциональна сигналу напряжения 0..+10В

Описания способов управления возбуждения и опциональных плат приводится в приложениях при заказе опций.

25. Контроль изоляции

Блок контроля изоляции используется для контроля величины сопротивления изоляции цепей ротора при его снижении ниже 250кОм и предназначен для работы в электрической сети до 1000В, величина ёмкости которой на землю не превышает 10мкФ. Диапазон измеряемого сопротивления от 1кОм до 250кОм с погрешностью до 20% (погрешность зависит от ёмкости измеряемой сети) напряжение питания 220В постоянного тока.

Блок в процессе работы осуществляет постоянный автоматический контроль изоляции обмотки возбуждения, измеряя ток утечки между заземлённой нейтралью и одним из полюсов ротора. Имеется два порога срабатывания, предупредительный (рекомендуемое значение 50кОм) и аварийный (рекомендуемое значение 5кОм).

26. Связь

Блок стандартно оснащён интерфейсом USB с инженерным протоколом AjbUS. Остальные интерфейсы и протоколы реализуются в различных комбинациях соответствующими интерфейсными платами.

Интерфейс	Протокол	Разъём
RS232	MODBUS RTU	X1, X1.3
RS485	MODBUS RTU Profibus DP	X1, X1.1, X1.2
Ethernet	Modbus TCP/IP	X1, X1.2

МБВ.008

Протокол MODBUS RTU (интерфейсы RS485\RS232) поддерживается большинством SCADA систем и промышленных контроллеров, предназначен для интеграции возбуждителей в АСУ ТП.

Протокол АjBUS (интерфейс USB) используется ПО «Аjuster» для параметризации и наладки блоков. Фиксированная скорость передачи данных (115200 bps), прямое соединение между блоком и ПК, упрощённая структура пакетов, позволяют получить большую (по сравнению с MODBUS RTU) частоту выборки данных из блока, что позволяет, при наладке, наблюдать и архивировать быстро изменяющиеся процессы.

Profibus DP осуществляется с помощью конвертора протокола AnyBUS который подключается к существующему интерфейсу RS485 с протоколом Modbus RTU.

Плата Ethernet-Modbus TCP/IP работает по принципу ретранслятора пакетов данных формата Modbus RTU, при включении питания, плата Ethernet-Modbus TCP/IP обращается к памяти параметров APB из которой извлекает параметры настройки сети:

Параметр	Назначение
IP-port	номер TCP/IP порта (стандартом Modbus TCP/IP определён порт 502)
IP ADDR	IP-адрес сетевой карты APB.006 (сервер)

Сетевая карта APB отвечает только на запросы с адресом устройства совпадающим с **DevAddr**.

Параметры настройки связи применяются к исполнению только на этапе включения питания, поэтому рекомендуется изменять их только на этапе настройки сети.

Для работы с платой Ethernet-Modbus TCP/IP, установите требуемый адрес устройства **DevAddr**, и скорость передачи **BaudRate** = 115200 bps.



Не рекомендуется производить запись параметров в энергонезависимую память при работающем двигателе, так как в течении этого времени (порядка 10мс) возбуждатель не управляем.

27. Связь по интерфейсу USB

В блоке встроен преобразователь USB to UART с гальванической развязкой. Для программы Аjuster, USB интерфейс блока представлен как виртуальный COM порт, для начала работы с которым необходимо установить драйвер подходящий для операционной системы установленной на ПК наладчика.

Установка драйвера происходит при первом подключении ПК к APB кабелем USB-B. Набор драйверов для различных операционных систем поставляется в комплекте с Аjuster и находится в директории Drivers.

В дальнейшем, связь с блоком устанавливается как с обычным COM портом, на скорости 115200bps.

28. Регистратор событий

Буфер событий состоит из двух сегментов памяти, один сегмент для хранения статистической информации, другой, для хранения информации об отключениях двигателя. В каждом информационном блоке содержится: метка времени, запись всех сигналов системы управления, копия уставок параметров записанная на момент отключения. Емкость буфера событий – 31 информационных блоков.