

СОДЕРЖАНИЕ

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ	4
1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА	4
1.1 Назначение	4
1.2 Технические характеристики	5
1.3 Состав изделия	6
1.4 Устройство и работа	7
1.5 Маркировка	14
1.6 Упаковка	15
2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	16
2.1 Эксплуатационные ограничения	16
2.2 Подготовка к использованию	16
2.3 Использование	18
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	25
3.1 Общие указания	25
3.2 Измерение параметров	26
3.3 Регулировка измерительных каналов	26
4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ	28
5 ХРАНЕНИЕ	28
6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	28
ПАСПОРТ	29
1 Свидетельство о приемке	29
2 Гарантии изготовителя	29
3 Комплект поставки	29
4 Маркировка	30
5 Упаковка	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	41

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с устройством, принципом работы, техническими характеристиками устройства точной автоматической синхронизации «Спринт-М», а также является руководством для персонала по обеспечению правильной эксплуатации устройства.

К эксплуатации устройства синхронизации допускаются лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок электрических станций.

Сокращения, используемые в тексте, структурных и принципиальных схемах:

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;

модуль ВВ – модуль ввода-вывода;

модуль ПРЦ – модуль центрального процессора;

модуль БП – модуль блока питания;

модуль КИ – модуль клавиатуры и индикации;

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение

1.1.1 Устройство точной автоматической синхронизации (далее – синхронизатор) предназначено для автоматического включения синхронных машин на параллельную работу.

1.1.2 Синхронизатор обеспечивает:

- формирование сигнала на подключение генератора к системе (сети) с заданным временем опережения;
- формирование сигналов управления для подгонки напряжения и частоты генератора к напряжению и частоте системы (сети);
- блокировку синхронизации и сигнализацию при выходе измеряемых величин за граничные значения;
- накопление информации о подключениях и неуспешных подключениях генератора к системе (сети);
- передачу информации по каналу связи.

1.1.3 В части воздействия климатических факторов синхронизатор соответствует исполнению УХЛ 3.1 по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89 с расширенным диапазоном рабочих температур от –20 до +55°C.

1.1.4 В части воздействия механических факторов синхронизатор соответствует группе М1 по ГОСТ 17516.1-90.

1.1.5 Синхронизатор имеет несколько вариантов исполнения, различающихся напряжением оперативного питания (220 В или 110 В) и типом последовательного интерфейса связи (RS485 – RS или токовая петля – ТП):

- вариант исполнения 1: оперативное питание – 220 В, интерфейс – ТП;
- вариант исполнения 2: оперативное питание – 220 В, интерфейс – RS;
- вариант исполнения 3: оперативное питание – 110 В, интерфейс – ТП;
- вариант исполнения 4: оперативное питание – 110 В, интерфейс – RS;

При заказе после наименования изделия следует указать напряжение оперативного питания и тип последовательного интерфейса.

Пример записи при заказе исполнения синхронизатора с напряжением оперативного питания 220 В и интерфейсом токовая петля:

«Устройство точной автоматической синхронизации Спринт-М-220-ТП ТУ 4220-023-17326295-02»

Пример записи при заказе исполнения синхронизатора с напряжением оперативного питания 110 В и интерфейсом RS485:

«Устройство точной автоматической синхронизации Спринт-М-110-RS ТУ 4220-023-17326295-02»

1.1.6 Габаритные размеры и масса синхронизатора:

- | | |
|-----------------------|-----|
| – высота, мм | 290 |
| – ширина, мм | 140 |
| – глубина, мм | 162 |
| – масса, кг, не более | 4 |

1.2 Технические характеристики

1.2.1 В зависимости от исполнения электрическое питание синхронизатора осуществляется от источника постоянного, переменного (частотой от 45 Гц до 55 Гц) или выпрямленного тока напряжением от 178 В до 242 В для вариантов исполнения 1 и 2, или от источника постоянного тока напряжением от 88 В до 132 В для вариантов исполнения 3 и 4.

1.2.2 Потребляемая мощность, ВА, не более 20

1.2.3 Входные аналоговые сигналы:

- число входов по напряжению 2
- номинальное входное переменное напряжение ($U_{вх}$)_н, В 100
- рабочий диапазон напряжений, В $(0,2 \dots 1,2) \times (U_{вх})_н$
- рабочий диапазон частот, Гц 45...55

1.2.3.1 Верхняя граница диапазона измерения переменного напряжения, В 130,0

1.2.3.2 Диапазоны / дискретность задания уставок:

- время опережения включения $T_{оп1}$, с 0,050...1,000 / 0,001
- время опережения включения $T_{оп2}$, с 0,050...1,000 / 0,001
- время опережения включения $T_{оп3}$, с 0,050...1,000 / 0,001
- максимальная частота скольжения ΔF_{1max} , при которой разрешена выдача сигнала на включение выключателя с $T_{оп1}$, Гц 0,10...0,80 / 0,01
- максимальная частота скольжения ΔF_{2max} , при которой разрешена выдача сигнала на включение выключателя с $T_{оп2}$, Гц 0,10...0,80 / 0,01
- максимальная частота скольжения ΔF_{3max} , при которой разрешена выдача сигнала на включение выключателя с $T_{оп3}$, Гц 0,10...0,80 / 0,01
- максимальная частота скольжения Δf_{max} , при которой разрешена синхронизация, Гц 1,0...5,0 / 0,1
- максимальный угол опережения $(\phi_{оп})_{max}$ (защита от несанкционированного включения), эл. град. 20...150 / 1
- минимальное напряжение (U_{min}), % от U_n (U_n – номинальное первичное напряжение измерительного трансформатора) 50...95 / 1
- допустимая зона рассогласования (δU) напряжений системы (U_c) и генератора (U_g), % от U_n 1...20 / 1
- максимальное время синхронизации T_{max} , мин. 1...30 / 1
- длительность импульса включения $t_{и}$, с 0,01...1,00 / 0,01
- коэффициент пропорциональности регулирования частоты K_f , с / Гц 0,10...2,00 / 0,01
- длительность паузы между импульсами регулирования частоты t_f , с 0,00...99,99 / 0,01
- коэффициент пропорциональности регулирования напряжения K_u , с / В 0,10...9,99 / 0,01
- длительность паузы между импульсами регулирования напряжения t_u , с 0,00...99,99 / 0,01

1.2.3.3 Абсолютная угловая погрешность синхронизации, эл. град. ± 3

1.2.3.4 Дополнительная угловая погрешность синхронизации из-за нестабильности ускорения скольжения и изменения температуры окружающей среды, эл. град. ± 2

1.2.3.5 Основная приведенная погрешность измерения напряжения в рабочем диапазоне при частоте входного сигнала $50 \pm 0,1$ Гц, % $\pm 0,5$

1.2.3.6 Дополнительная погрешность измерения напряжения при изменении температуры окружающей среды в рабочем диапазоне на каждые 10°C, %	±0,5
1.2.3.7 Дополнительная погрешность измерения напряжения при изменении частоты входного сигнала на каждый 1 Гц, %	±0,2
1.2.3.8 Абсолютная погрешность измерения частоты в рабочем диапазоне, Гц	±0,01
1.2.3.9 Абсолютная погрешность времени опережения включения Δt , с, не более	±0,005
1.2.4 Входные дискретные сигналы:	
– число входов	4
– напряжение срабатывания:	
– 1) при питании постоянным током, В	150 – 264 (80 – 140)
– 2) при питании переменным током, В	110 – 264
– напряжение несрабатывания:	
– 1) при питании постоянным током, В	0 – 130 (0 – 70)
– 2) при питании переменным током, В	0 – 90
– длительность входного сигнала (постоянного тока), мс, не менее	50
1.2.5 Выходные дискретные сигналы:	
– число выходов	9
– максимальное коммутируемое напряжение постоянного или переменного тока, В	264
– ток замыкания/размыкания при активно-индуктивной нагрузке с постоянной времени L/R 50 мс, А, не более	8/0,15
1.2.6 Нарботка на отказ, час, не менее	25000
1.2.7 Средний срок службы, лет, не менее	10
1.2.8 Электрическое сопротивление изоляции между независимыми электрическими цепями и между этими цепями и корпусом не менее 100 МОм при нормальных условиях по ГОСТ 15150-69.	
1.2.9 Электрическая изоляция между цепью питания и корпусом выдерживает в течение 1 минуты испытательное напряжение 2000 В переменного тока частотой 50 Гц. Электрическая изоляция между независимыми электрическими цепями входных и выходных дискретных сигналов и между этими цепями и корпусом выдерживает в течение 1 минуты испытательное напряжение 2000 В.	
1.2.10 Синхронизатор подключается к измерительным трансформаторам напряжения с номинальным вторичным напряжением 100 В и номинальными первичными напряжениями (U_n): 0,38; 0,66; 6; 10; 20; 35; 110 кВ.	
1.2.11 Синхронизатор формирует сигнал «Сигнализация» длительностью (t_c): 1, 2, 3, 5, 10, 20 секунд или непрерывно.	
1.2.12 Синхронизатор обеспечивает накопление, хранение, просмотр на индикаторе или передачу по линии связи информации о 50 событиях.	

1.3 Состав изделия

1.3.1 Синхронизатор поставляется в комплекте согласно табл. 1

1.3.2 В состав синхронизатора входят следующие модули:

- модуль центрального процессора (ПЦП);

- модуль ввода-вывода (ВВ);
- модуль блока питания (БП);
- модуль клавиатуры и индикации (КИ).

Таблица 1. Комплект поставки.

Наименование	Количество, шт.
– Устройство точной автоматической синхронизации «Спринт-М»	1
– Розетка 2ESDPM-04P	5
– Розетка 2ESDPM-06P	1
– Розетка 2ESDPMR-12P	1
– Плавкие предохранители ВП1-1-2А	2
– Руководство по эксплуатации, паспорт	1

1.3.3 Конструктивно синхронизатор представляет собой металлический каркас со съемными боковыми крышками, в котором размещаются модули (кроме модуля КИ). Модуль КИ размещается на передней панели регулятора. Внешний вид передней панели показан на рис. 2 приложения 1.

1.3.4 Электрическое соединение модулей между собой осуществляется с помощью плоских кабелей.

1.3.5 Внешние цепи подключаются к синхронизатору через клеммники, установленные на торцевых поверхностях модулей.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Описание структурной схемы.

1.4.1.1 Структурная схема синхронизатора приведена на рис. 1 приложения.

1.4.1.2 Сигналы со вторичных обмоток измерительных трансформаторов поступают на согласующие трансформаторы модуля ВВ.

1.4.1.3 С модуля ВВ аналоговые сигналы поступают на модуль ПРЦ, где фильтруются и с помощью АЦП преобразуются в цифровую форму. Микропроцессор TN80C196KC20 обрабатывает поступающие сигналы и выполняет действия в соответствии с алгоритмом, записанным в ПЗУ. Значения уставок хранятся в энергонезависимой перепрограммируемой памяти и сохраняются при отключении питания.

1.4.1.4 Текущие значения измеряемых величин и информация о состоянии синхронизатора отображается на двухстрочном жидкокристаллическом индикаторе и светодиодах модуля КИ. С помощью клавиатуры модуля КИ выбираются режимы работы и вводятся значения уставок.

1.4.1.5 Внешние управляющие сигналы подаются на дискретные входы клеммников X1 и X2 модуля БП. Все дискретные входы имеют гальваническую развязку.

Функциональное назначение дискретных входов.

«Выключатель выключен» – сигнал, поступающий от выключателя, включающего генератор в систему (в сеть). При включенном выключателе запрещается запуск процесса синхронизации.

«Пуск с Топ1» – сигнал запуска синхронизации с временем опережения Топ1, поступающий с пульта управления. Сигнал удерживается на протяжении всего процесса синхронизации. При снятии сигнала синхронизация прекращается.

«Пуск с Топ2» – сигнал запуска синхронизации с временем опережения Топ2. Аналогичен сигналу «Пуск с Топ1».

«Пуск с Топ3» – сигнал запуска синхронизации с временем опережения Топ3. Аналогичен сигналу «Пуск с Топ1».

Функциональное назначение дискретных выходов.

«Готов» – сигнал, свидетельствующий об исправности синхронизатора. Устанавливается после включения питания при успешном прохождении тестов. Подключается к линии сигнализации диспетчерского пульта управления.

«Запрет синхронизации» – сигнал, свидетельствующий о запрете синхронизации. Устанавливается при обнаружении сбоев в работе синхронизатора или при невыполнении граничных условий. Подключается к линии сигнализации диспетчерского пульта управления.

«Синхронизация» – сигнал, свидетельствующий о том, что идет процесс синхронизации. Устанавливается при наличии любого из сигналов запуска синхронизации («Пуск Топ1», «Пуск с Топ2», «Пуск с Топ3») и удерживается до прихода сигнала «Выключатель включен» или до истечения максимального времени синхронизации. Подключается к линии сигнализации диспетчерского пульта управления;

«Включить выключатель» – управляющий сигнал, подается на выключатель, подключающий генератор к системе (сети);

«Увеличить f » – управляющий сигнал, подается на цепи управления (увеличения) частотой генератора;

«Уменьшить f » – управляющий сигнал, подается на цепи управления (уменьшения) частотой генератора;

«Увеличить U » – управляющий сигнал, подается на цепи управления (увеличения) напряжением генератора;

«Уменьшить U » – управляющий сигнал, подается на цепи управления (уменьшения) напряжением генератора.

«Сигнализация» – сообщение об отклонениях от нормальной работы синхронизатора. Подключается к цепи сигнализации. Длительность сигнала задается уставкой.

1.4.2 Режимы работы

1.4.2.1 Синхронизатор имеет четыре режима работы:

- «Работа»;
- «Контроль»;
- «Архив событий»;
- «Ввод уставок».

1.4.2.2 Режим «Работа» предназначен для точной подгонки параметров генератора к параметрам системы и включение его в систему на параллельную работу.

1.4.2.3 Режим «Контроль» предназначен для визуального контроля по индикатору устройства значений измеряемых (напряжения, частоты и угла сдвига фаз между напряжениями системы и генератора) и расчетных (разности напряжений и разности частот системы и генератора) величин, а также состояния дискретных входов.

1.4.2.4 Режим «Архив событий» позволяет обслуживающему персоналу просматривать на индикаторе устройства информацию о характере зафиксированных в памяти событий и времени, когда данные события произошли.

1.4.2.5 Режим «Ввод уставок» предназначен для ввода и просмотра уставок.

1.4.3 Принцип действия.

1.4.3.1 По включению питания происходит тестирование работоспособности устройства.

При успешном прохождении тестов включается реле «Готов» и синхронизатор автоматически переходит в режим «Работа».

Проверяются каналы измерения напряжения и частоты. Если обнаружены неисправности, то работа синхронизатора блокируется, включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка», на время t_c включается реле «Сигнализация», а на индикатор выводится сообщение: «Отказ синхронизатора».

Если измерительные каналы исправны, то проверяется состояние дискретных входов. Одновременное наличие сигналов более чем на одном входе запуска синхронизации («Пуск с Топ1», «Пуск с Топ2», «Пуск с Топ3») воспринимается как ошибка. Работа синхронизатора блокируется, включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка», включается реле «Сигнализация», а на индикатор выводится сообщение: «Синхр. невозможна. Ошибка запуска».

1.4.3.2 В режиме «Работа» в зависимости от состояния дискретных входов синхронизатор может находиться в одном из двух состояний: слежение или синхронизация.

1.4.3.3 При отсутствии сигналов запуска, синхронизатор находится в состоянии слежения, в котором ведется постоянный контроль за напряжениями и частотами системы и генератора. Значения измеряемых величин выводятся на индикатор. В состоянии слежения синхронизатор может находиться сколь угодно долго.

1.4.3.4 При приходе сигнала на любой из входов запуска (входы «Пуск с Топ1», «Пуск с Топ2», «Пуск с Топ3») синхронизатор переходит в состояние синхронизации. Включается светодиод «Синхронизация».

Вновь проводится проверка исправности измерительных каналов и опрашивается состояние дискретных входов. Проверяется состояние выключателя, подключающего генератор к системе. Если присутствует сигнал, свидетельствующий о том, что выключатель включен, то синхронизация запрещается, включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». Включается реле «Сигнализация».

1.4.3.5 При отсутствии сигнала от выключателя проверяются граничные условия.

а). Напряжение системы и генератора должно быть больше значения минимального напряжения $U_{\min}$, задаваемого уставкой.

б). Частота системы и генератора должна удовлетворять условию:

$$45 \text{ Гц} < f < 55 \text{ Гц}$$

в). Частота скольжения $\Delta f = |f_c - f_r|$ должна быть не более значения $\Delta f_{\max}$, задаваемого уставкой.

Если любое из условий не выполняется, то синхронизация запрещается, включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». На время t_c включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение о запрете синхронизации с указанием причины запрета.

1.4.3.6 Если граничные условия в норме, то проверяется корректность задания параметров по формуле:

$$\Delta F_{\max} < (\varphi_{\text{оп}})_{\max}^{\circ} / (t_{\text{оп}} \times 360^{\circ}) \quad (1)$$

где: $\Delta F_{\max}$ – максимальная частота скольжения, задаваемая уставкой;

$t_{\text{оп}}$ – время опережения включения, задаваемое уставкой.

$(\varphi_{\text{оп}})_{\max}$ – максимальный угол опережения $(\varphi_{\text{оп}})_{\max}$ (защита от несанкционированного включения)

Если условие (1) не выполняется, то включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». Включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение: «Синхр. невозможна. Ошибка уставок».

1.4.3.7 При выполнении условия (1) включается реле «Синхронизация» и начинается подсчет времени синхронизации $t_{\text{синхр}}$. На индикатор выводится сообщение: «Синхронизация».

1.4.3.8 Проверяется условие:

$$\Delta U = |U_c - U_r| < \Delta U_{\max}, \quad (2)$$

где: $\Delta U_{\max} = (\delta U / 100) \times U_n$ – зона рассогласования напряжений системы и генератора, в которой разрешена синхронизация,

Если условие (2) не выполняется, а регулировка напряжения запрещена уставкой, то выключается реле «Синхронизация», включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». Включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение: «Синх. невозможна $\Delta U > \Delta U_{\max}$ ».

Если регулировка разрешена, то запускается программа регулирования напряжения генератора. Включается подсветка индикатора.

Определяется направление регулирования. Если $U_c - U_r > 0$, то формируется команда «Увеличить U ». Если $U_c - U_r < 0$, то формируется команда «Уменьшить U ». Соответствующее сообщение выводится в нижней строке индикатора.

Длительность выходного сигнала регулирования напряжения $(t_{\text{рег.}})_U$ вычисляется по формуле:

$$(t_{\text{рег.}})_U = |U_c - U_r| \times K_u, \quad (3)$$

где: K_u – коэффициент пропорциональности регулирования напряжения, задаваемый уставкой.

Через время t_u (длительность паузы между импульсами регулирования напряжения, задаваемая уставкой) проверяется условие (2).

Команды регулирования напряжения будут формироваться до тех пор, пока не выполнится условие (2), после чего регулирование напряжения прекращается. На индикатор вновь выводится сообщение: «Синхронизация».

Если за время $T_{\max}$ напряжение не достигло значений, при которых разрешена синхронизация (2), то регулирование напряжения прекращается. Выключается реле и светодиод «Синхронизация», включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». Включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение: «Синхр. невозможна. Время истекло».

1.4.3.9 Одновременно с регулировкой напряжения проверяется условие:

$$\Delta F_{\min} < |f_c - f_r| < \Delta F_{\max}, \quad (4)$$

где: $\Delta F_{\max}$ – максимальная частота скольжения при формировании импульса на включение, задаваемая уставкой;

$\Delta F_{\min}$ – минимальная частота скольжения: $\Delta F_{\min} = \Delta F_{\max} / 5$

Если условие (4) не выполняется, то запускается программа регулировки частоты (см. рис 1). На индикатор в верхней строке выводится направление регулирования.

Длительность выходного сигнала регулирования частоты $(t_{\text{рег.}})_f$ вычисляется по формуле:

$$(t_{\text{рег.}})_f = |\Delta f - \Delta F_{\text{опт}}| \times K_f, \quad (5)$$

где: K_f – коэффициент пропорциональности регулирования частоты (см. рис. 2), задаваемый уставкой;

$|\Delta f|$ – текущая частота скольжения: $\Delta f = |f_c - f_r|$;

$\Delta F_{\text{опт}}$ – оптимальная частота скольжения: $\Delta F_{\text{опт}} = (\Delta F_{\max} + \Delta F_{\min}) / 2$.

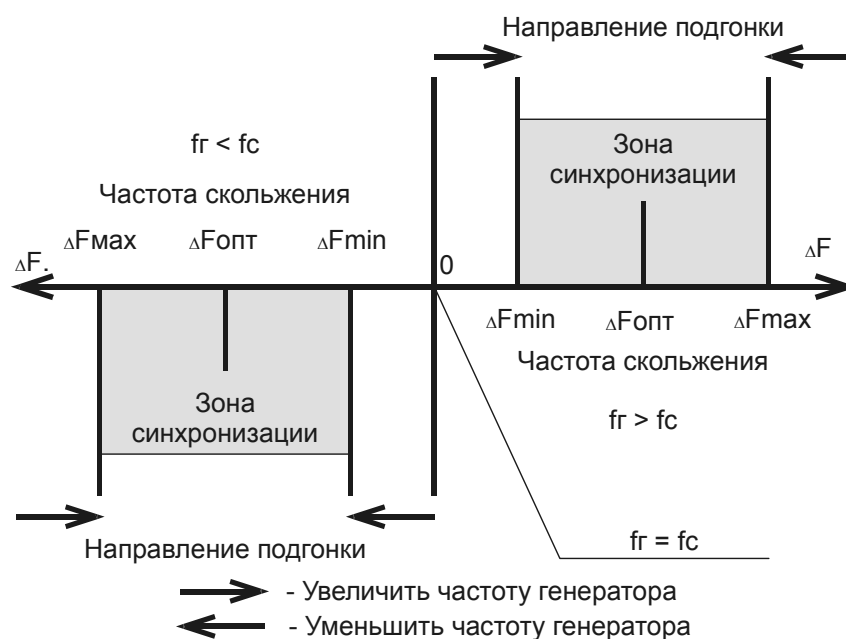


Рис. 1. Диаграмма работы узла подгонки частоты генератора.

Через время t_f (длительность паузы между импульсами регулирования частоты, задаваемая уставкой) проверяется условие (4).

Если условие (4) не выполняется, то вновь формируется команда управления, длительность которой вычисляется по формуле (5), и т. д. Регулирование прекращается, когда выполнится условие (4). На индикатор вновь выводится сообщение: «Синхронизация».

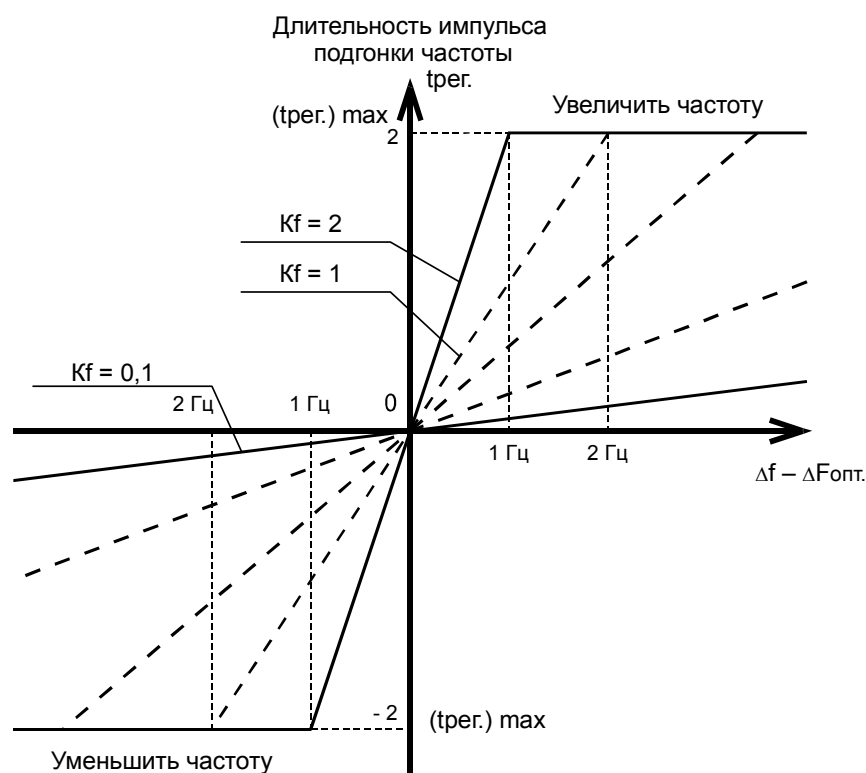


Рис 2. Зависимость длительности регулирующего импульса от разности между текущей (Δf) и оптимальной (ΔF) частотой скольжения при различном значении коэффициента K_f .

Если за время $T_{\max}$ частота скольжения не достигла значений, при которых выполняется условие (4), то регулирование частоты прекращается. Выключается реле «Синхронизация», включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». На время t_c включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение: «Синхр. невозможна. Время истекло».

При одновременной регулировке напряжения и частоты в верхней строке индикатора выводится направление регулирования частоты, в нижней – напряжения.

1.4.3.10 После завершения регулирования частоты и напряжения определяется угол опережения ($\varphi_{\text{оп}}$) с учетом ускорения изменения частоты скольжения (a). Измеряется угол сдвига фаз ($\varphi_{\text{тек}}$) и вычисляется время $t_{\text{ож}}$, необходимое для поворота вектора U_g на угол $|\varphi_{\text{тек}} - \varphi_{\text{оп}}|$.

1.4.3.11 Запускается подсчет времени $t_{\text{ож}}$, по истечении которого выдается команда длительностью t_i на включение выключателя. Значения $\varphi_{\text{оп}}$, f_c , f_g , U_c , U_g на момент выдачи команды на включение выключателя фиксируются в памяти. Запускается подсчет реального времени включения выключателя $t_{\text{вкл}}$ и $T_{\text{п}}$ – задержка разрешения нового цикла синхронизации.

1.4.3.12 Проверяются дискретные входы. При приходе сигнала о включении выключателя фиксируются значения $t_{\text{вкл}}$ и $\varphi_{\text{вкл}}$, как значения на момент срабатывания. Вычисляется $t_{\text{синхр.}}$ – продолжительность синхронизации, т.е. время от момента прихода сигнала запуска синхронизации до момента прихода сигнала о включении выключателя. Выключается реле «Синхронизация». Процесс синхронизации завершен. Новые циклы синхронизации запрещены, пока не пересбросится сигнал «Пуск».

1.4.3.13 Если за время $T_{\text{п}}$ сигнал о включении выключателя не приходит, а сигнал запуска присутствует, то запускается новый цикл синхронизации, и в архив событий заносится информация о неуспешной попытке синхронизации.

1.4.3.14 Если в процессе синхронизации сигнал «Пуск» сбросился до момента выдачи команды на включение выключателя, то выключаются реле и светодиод «Синхронизация» и синхронизатор переходит в состояние ожидания сигнала запуска (см. п. 1.4.3.3).

1.4.3.15 Если за время $T_{\max}$ процесс синхронизации не завершен (не выдана команда на включение выключателя), то отключаются реле и светодиод «Синхронизация», включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». На время t_c включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение: «Синхр. невозможна. Время истекло».

1.4.3.16 Если в процессе синхронизации до момента выдачи сигнала на включение выключателя нажата кнопка «Сброс», то выключаются все управляющие реле, отключаются реле и светодиод «Синхронизация», включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». На индикатор выводятся текущие значения напряжений и частот системы и генератора. После снятия сигнала запуска выключается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка» и синхронизатор переходит в состояние слежения (см. п. 1.4.3.3).

1.4.3.17 В состоянии запрета синхронизации по причине не выполнения граничных условий (см. п.п. 1.4.3.1, 1.4.3.4..1.4.3.6, 1.4.3.8, 1.4.3.9, 1.4.3.15, 1.4.3.16) кнопка «Сброс» отключает (подтверждает отключение) управляющие реле и снимает сигнал «Сигнализация».

1.4.4 Синхронизация на выбеге.

1.4.4.1 При частотном пуске генераторов в режиме синхронного компенсатора синхронизация с сетью осуществляется на выбеге, т.е. генератор принудительно разгоняется до частоты большей частоты сети, после чего разгон прекращается и частота постепенно снижается. Синхронизация осуществляется на спадающем участке характеристики (см. рис. 3).

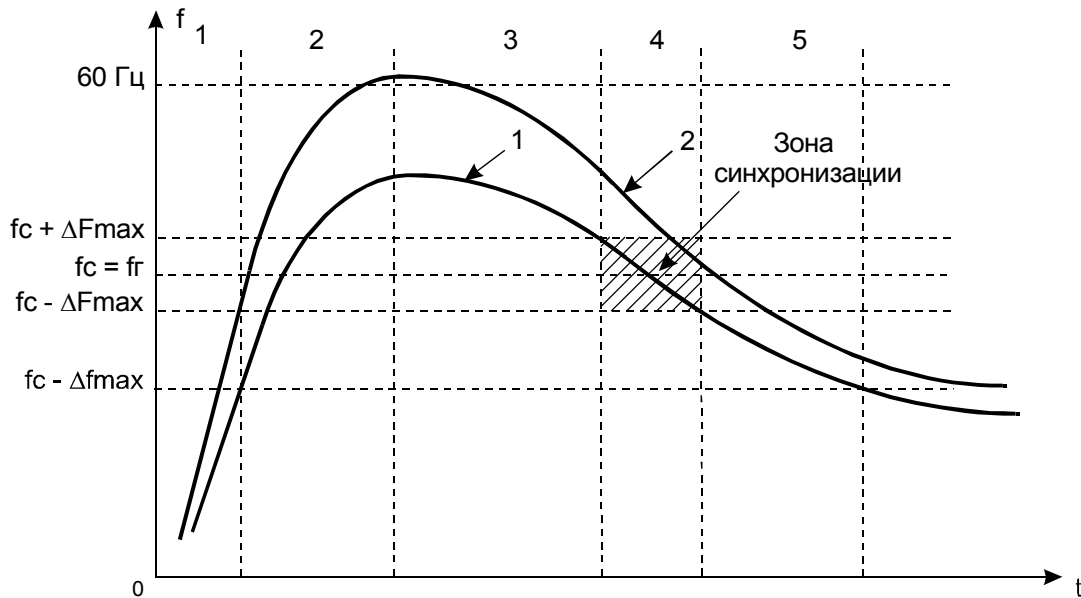


Рис. 3. График изменения частоты генератора.

1.4.4.2 Синхронизатор проверяет значения частоты и напряжения генератора и системы на допустимость и состояние дискретных входов аналогично описанному в п.1.4.3, поэтому сигнал запуска синхронизации может быть подан не ранее, чем частота генератора станет больше значения $f_c - \Delta f_{\max}$.

1.4.4.3 При возрастании частоты генератора (зона 2 кривой 1 на рис. 3) на индикатор выводится сообщение: «Увеличение $F_{\text{ген}}$ » и текущее значение Δf . Если значение частоты генератора превысит 60 Гц (кривая 2 на рис. 3), то синхронизация запрещается, включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». Включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение: «Синхр. невозможна. $F_r > 60$ Гц».

1.4.4.4 При снижении частоты генератора или при постоянной частоте (зона 3 на рис. 3) производятся проверки аналогичные п. 1.4.3 и рассчитывается ускорение a . На индикаторе сообщение: «Синхронизация», но команды на включение выключателя не выдается, пока значение f_r не достигнет значений зоны синхронизации (зона 4 на рис. 3).

1.4.4.5 При снижении частоты генератора ниже значения $f_c - \Delta F_{\max}$ (зона 5 на рис 3) синхронизация прекращается. На индикатор выводится сообщение: «Уменьшение $F_{\text{ген}}$ » и текущее значение Δf .

1.4.4.6 При снижении частоты генератора ниже значения $f_c - \Delta f_{\max}$ синхронизация запрещается, включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». Включается реле «Сигнализация». На индикатор выводится сообщение: «Синхр. невозможна. $\Delta f > \Delta f_{\max}$ ».

1.4.5 Канал связи.

1.4.5.1 Синхронизатор имеет последовательный канал связи, выведенный на два разъема. Разъем «RS232C» расположен на передней панели блока и имеет интерфейс линии связи RS232C. Второй разъем расположен на задней панели модуля ПРЦ (X2) и в зависимости от исполнения устройства (см. п. 1.1.5) имеет интерфейс «Токовая петля» или RS485.

Разъем «RS232C» на передней панели предназначен, в основном, для проведения пуско-наладочных работ и позволяет соединяться с компьютером по принципу «точка – точка». Схема соединительного кабеля приведена на рис. 12. Гальванической развязки от внутренней схемы устройства данный интерфейс не имеет.

Разъем X2 модуля ПРЦ предназначен для подключения синхронизатора к локальной сети для решения задач АСУ. Интерфейс данного канала позволяет реализовать многоточечное подключение, то есть к одному компьютеру можно параллельно подключать несколько устройств с аналогичным интерфейсом. Этот интерфейс имеет полную гальваническую развязку от внутренней схемы устройства.

1.4.8.2 Так как сигналы с двух разъемов аппаратно сведены на один последовательный канал, то невозможна одновременная работа по двум линиям связи, подключенным к разъемам «RS232C» и X2 модуля ПРЦ.

1.4.8.3 Синхронизатор поставляется в двух вариантах исполнения интерфейса разъема X2 модуля ПРЦ – «Токовая петля» либо RS485. Вариант исполнения указывается при заказе устройства.

Варианты подключения синхронизатора к локальной сети в зависимости от используемого интерфейса приведены на рис. 13 и рис. 14.

1.4.8.4 При варианте исполнения «Токовая петля» блок можно подключать к компьютеру через специальное устройство сопряжения (УС), выпускаемое фирмой «Радиус Автоматика».

1.4.8.5 При варианте исполнения RS485 блок можно подключать к компьютеру через стандартные преобразователи или непосредственно к портам компьютера с аналогичным интерфейсом.

1.4.8.6 Оба интерфейса со стороны синхронизатора программно полностью идентичны и имеют возможность настройки с помощью уставок на два вида программных протоколов.

1.4.8.7 Синхронизатор поддерживает два вида протоколов связи – «Старт» и Modbus. Протокол «Старт» является специфическим и поддерживается программным обеспечением «Старт», поставляемым фирмой «Радиус Автоматика». Протокол Modbus является стандартным и поддерживается многими разработчиками и поставщиками программного обеспечения.

1.4.8.8 При выборе протокола Modbus необходимо дополнительно задать параметры протокола. Этими параметрами являются: адрес устройства в локальной сети, скорость передачи данных, наличие и вид проверки данных на четность, а также количество стоповых бит.

1.4.8.9 При выборе протокола «Старт» достаточно задать только скорость передачи данных.

1.5 Маркировка

1.5.1 На корпусе синхронизатора имеется маркировка, содержащая следующую информацию:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- обозначение изделия («Спринт-М»);
- заводской номер изделия.
- дату изготовления (месяц, год).

1.5.2 Вблизи органов управления и клемм имеются надписи или символы, указывающие их назначение.

1.6 Упаковка

1.6.1 Синхронизатор поставляется в комплектности согласно п.1.3.1 упакованным в соответствующую транспортную тару, имеющую маркировку по ГОСТ 14192-77 и содержащую манипуляционные знаки.

1.6.2 Поставка на малые расстояния или поставка небольших партий синхронизаторов по согласованию с потребителем допускается без транспортной тары.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения

Технические характеристики, несоблюдение которых может привести к выходу синхронизатора из строя, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Эксплуатационные ограничения

Наименование параметра	Предельное значение
Максимальное напряжение питания (постоянный ток) (переменный ток) (постоянный ток)	370 В (вариант 220 В) 264 В (вариант 220 В) 143 В (вариант 110 В)
Минимальное напряжение питания (постоянный ток) (переменный ток) (постоянный ток)	130 В (вариант 220 В) 105 В (вариант 220 В) 80 В (вариант 110 В)
Максимальное входное напряжение (длительно)	130 В
Максимальный ток коммутации контактов выходных реле: – при замыкании цепей переменного тока – при замыкании цепей постоянного тока – при размыкании цепей переменного тока – при размыкании цепей постоянного тока	8 А при 250 В 8 А при 250 В 8 А при 250 В 0,15 А при 250 В
Максимальное постоянное или переменное напряжение дискретных входов	264 В
Минимальная температура окружающего воздуха	–20°C
Максимальная температура окружающего воздуха	+55°C

2.2 Подготовка к использованию

2.2.1 Меры безопасности

2.2.1.1 При работе с синхронизатором необходимо соблюдать все требования безопасности, распространяющиеся на устройства релейной защиты и автоматики энергосистем.

2.2.1.2 К эксплуатации синхронизатора допускаются лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и прошедшие проверку знаний техники безопасности и эксплуатации электроустановок электрических станций.

2.2.1.3 Перед подключением синхронизатора к сети он должен быть подсоединен к контуру заземления медным проводом сечением не менее 2 мм².

2.2.1.4 Запрещается отсоединять (присоединять) к клеммам клеммников X1 и X3 модуля ВВ и клеммников X1 – X4 модуля БП провода, находящиеся под напряжением.

2.2.2 Подготовка к работе.

2.2.2.1 При вводе синхронизатора в эксплуатацию необходимо произвести: внешний осмотр, измерение электрического сопротивления изоляции, проверку работоспособности.

2.2.2.2 При проведении внешнего осмотра произвести контроль на отсутствие вмятин на корпусе, трещин и сколов на экране дисплея, целостности клеммников.

2.2.2.3 Измерение электрического сопротивления изоляции проводить между закороченными цепями входных напряжений (клеммник X3 модуля ВВ), выходных контактов реле и входов оптронов (клеммник X1 модуля ВВ и клеммники X1, X2 и X4 модуля БП), питания регулятора (клеммник X3 модуля БП), а также между этими цепями

и корпусом. Измерения проводить мегомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 100 МОм.

2.2.2.4 Для проверки работоспособности запараллелить входы U_c и U_g клеммника ХЗ модуля ВВ и подключить к источнику переменного напряжения. Подать питание на синхронизатор и включить его с помощью выключателя S1. Синхронизатор находится в режиме «Работа». Если прошли внутренние тесты, то замыкаются контакты реле «Готов» (клеммы X1:1 и X1:2 модуля ВВ) и на индикатор выводятся значения измеряемых величин (U_c , U_g , f_c , f_g). Перейти в состояние «Уставки» (см п. 2.3.1) и ввести значения уставок согласно п. 2.3.2.

Перейти в состояние «Контроль». Подавая на входы U_c и U_g переменное напряжение до 100 В проверить, что синхронизатор измеряет напряжение и частоту входных сигналов по обоим каналам. Убедиться, что расхождения в показаниях между U_c и U_g , а так же между f_c и f_g не превышают допустимую погрешность измерения.

Перейти в состояние контроля «Дискретных входов». На индикаторе должно отображаться отсутствие сигналов на всех входах (во всех позициях лог. «0»). Подать на дискретный вход «Выключатель включен» клеммника X1 модуля БП переменное или постоянное напряжение 220 (110) В. Убедиться, что изменяется состояние соответствующей позиции индикатора (п. 2.3.4.4). При подаче любого из сигналов запуска («Пуск с Top1», «Пуск с Top2», «Пуск с Top3») синхронизатор переходит в режим «Работа».

Перейти в режим «Работа». Снизить напряжение, подаваемое на входы U_c и U_g ниже U_{min} . Подать дискретный сигнал «Пуск с Top1». Должен загореться светодиод «Блокировка», замкнуться контакты реле «Запрет синхронизации» (клеммы X1:3 и X1:4 модуля ВВ) и замкнуться контакты реле «Сигнализация» (клеммы X4:5 и X4:6 модуля БП). На индикаторе сообщение «Синхронизация невозможна. Низкое $U_{сист}$ ».

Снять сигнал «Пуск с Top1», поднять входное напряжение выше U_{min} и вновь подать сигнал «Пуск с Top1». Должен загореться светодиод «Синхронизация» и замкнуться контакты реле «Синхронизация» (клеммы X1:5 и X1:6 модуля ВВ). Реле « $f\uparrow$ », должно срабатывать (см. п. 1.4.3.9).

2.2.2.5 С помощью осциллографа проконтролировать форму сигналов в каналах измерения напряжения и частоты, выведенных на контрольный разъем X1 модуля ПРЦ (см. рис. 10 и рис. 11 приложения).

2.2.2.6 С помощью осциллографа проконтролировать сигналы управления выходными реле, выведенные на контрольный разъем X2 модуля ВВ (см. рис. 9 приложения).

2.2.3 Порядок установки и подключения.

2.2.3.1 Подготовить место для установки синхронизатора в соответствии с разметкой крепления, приведенной на рис. 4 приложения. Синхронизатор закрепляется четырьмя винтами.

2.2.3.2 Соединить винт заземления синхронизатора с контуром заземления медным проводом сечением не менее 2 мм².

2.2.3.3 Подключить внешние цепи к кабельным частям клеммников проводом сечением от 0,08 до 3,3 мм². Функциональное назначение контактов клеммников и разъемов синхронизатора приведено на рис. 5 приложения. Размещение клеммников и разъемов приведено на рис. 3.

При присоединении ответных частей клеммников необходимо:

1. Вставить кабельную часть в блочную часть клеммника до упора по всей длине, чтобы защелкнулись боковые пластмассовые фиксаторы;
2. Зафиксировать кабельную часть винтами.

2.2.3.4 Измерительные цепи напряжения синхронизатора подключить к вторичным обмоткам измерительных трансформаторов с учетом фазных соотношений. Электрическая схема подключения измерительных цепей приведена на рис. 5 и рис. 6 приложения.

2.2.3.5 Контакты выходного релейного сигнала «Сигнализация», подключить к цепям центральной сигнализации станции. Контакты выходных релейных сигналов «Готов», «Запрет синхронизации», «Синхронизация», подключить к цепям сигнализации при необходимости (см. рис. 6 и рис 7 приложения).

2.2.3.6 Контакты выходных релейных сигналов, «f↑», «f↓» подключить к цепям регулировки частоты генератора.

2.2.3.7 Контакты выходных релейных сигналов, «U↑», «U↓» подключить к цепям регулировки напряжения генератора.

2.2.3.8 Питание синхронизатора подается на контакты «Питание» модуля БП. Питание осуществляется от сети переменного или постоянного тока напряжением 220 В для исполнения 1 и 2, или постоянного тока напряжением 110 В для исполнения 3 и 4.

Питание цепей дискретных входов и выходов осуществляется от сети переменного или постоянного тока напряжением 220 В для исполнения 1 и 2, или постоянного тока напряжением 110 В для исполнения 3 и 4. Для исполнения 1 и 2 полярность подключения цепей питания – произвольная.

2.2.3.8 Для решения задач АСУ синхронизатор может подключаться к локальной сети связи через разъем X2 модуля ПРЦ.

2.2.3.9 В зависимости от исполнения (см. п. 1.1.5) в синхронизаторе реализован интерфейс линии связи либо «Токовая петля», либо RS485. Вариант исполнения указывается при заказе устройства.

Варианты подключения к локальной сети связи для различных интерфейсов приведены на рис. 13 и рис. 14.

2.2.3.10 При варианте исполнения «Токовая петля» синхронизатор можно подключать к компьютеру через специальное устройство сопряжения (УС), выпускаемое фирмой «Радиус Автоматика».

2.2.3.11 Линию связи с интерфейсом RS485 рекомендуется согласовывать, подключая встроенные согласующие резисторы на крайних устройствах. Подключение осуществляется с помощью замыкания контактов 3 и 4 разъема X2 модуля ПРЦ.

2.2.3.12 Монтаж линии связи с интерфейсом RS485 рекомендуется производить с помощью витой экранированной пары, соблюдая полярность подключения проводов.

2.2.3.13 Монтаж линии связи с интерфейсом «Токовая петля» рекомендуется производить с помощью двух витых пар. Контакты 2 и 4 разъема X2 модуля ПРЦ должны быть замкнуты между собой. Экранировка витых пар не обязательна.

2.3 Использование

2.3.1 Выбор режима работы

Синхронизатор имеет четыре режима работы:

- ввод уставок;
- работа;
- контроль;
- архив событий.

При включении питания синхронизатор переходит в режим «Работа». Переход в состояние выбора режима – по кнопке «Ввод». Выбор режима осуществляется кнопками «←», «→». На индикаторе отображается название выбираемого режима. Запуск выбранного режима – по нажатию кнопки «Ввод». Возврат из любого режима в состояние выбора режима осуществляется по кнопке «Выход».

По нажатию кнопки «Выход» в состоянии выбора режима запускается режим «Работа» (см. рис. 8 приложения).

Внимание! Если синхронизатор находился в режимах «Контроль», и «Архив событий» или «Уставки» в состоянии просмотра, то при приходе любого сигнала запуска он автоматически переходит в режим «Работа».

2.3.2 Режим «Уставки».

2.3.2.1 Запуск режима «Уставки» осуществляется нажатием кнопки «Ввод». На индикатор выводятся значения уставок, хранящихся в энергонезависимой памяти синхронизатора. Поиск требуемой уставки осуществляется кнопками «←», «→».

2.3.2.2 Для ввода или изменения значений уставок (состояние редактирования) необходимо с помощью кнопок «←», «→» перейти в состояние «Ввод пароля» и ввести его. Паролем является заводской номер, указанный в паспорте на синхронизатор. Ввод пароля осуществляется следующим образом. После подтверждения выбора состояния «Ввод пароля» нажатием кнопки «Ввод» начинает мигать первое знакоместо пароля. Кнопками «←», «→» ввести требуемую цифру и нажать кнопку «Ввод». Аналогично ввести остальные цифры пароля. Если пароль введен верно, то разрешено изменение уставок, о чем свидетельствует сообщение в конце верхней строки индикатора: «ред.» (редактирование). Если ввод уставок запрещен, то в конце верхней строки индикатора выводится сообщение: «раб.» (работа).

Внимание! В режиме «Уставки» в состоянии редактирования контроль входных электрических величин и дискретных входов не производится. Синхронизация запрещена, о чем сообщает горящий светодиод «Блокировка» и включенное реле «Запрет синхронизации».

2.3.2.3 При редактировании, с помощью кнопок «←» и «→» находится требуемая уставка. Кнопкой «Ввод» подтверждается, что данная уставка будет корректироваться. Мигает все значение уставки либо одно знакоместо. Кнопками «←» и «→» задается новое значение в мигающей позиции и фиксируется кнопкой «Ввод».

2.3.2.4 Выход из режима «Уставки» по нажатию кнопки «Выход». При выходе из режима снимается разрешение на редактирование уставок. Выключаются реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». Разрешается синхронизация.

2.3.2.5 Перечень и описание задаваемых уставок.

«Разрешение автоматического регулирования частоты генератора» – разрешить или запретить. Если автоматическое регулирование частоты генератора запрещено, то синхронизатор переходит в режим синхронизации на выбеге при частотном пуске генератора в режиме синхронного компенсатора.

«Разрешение автоматического регулирования напряжения генератора» – разрешить или запретить. Если автоматическое регулирование напряжения генератора разрешено, то при $|U_c - U_r| > \Delta U_{\max}$ формируются сигналы регулировки напряжения («Увеличить U», «Уменьшить U»), если регулирование запрещено, то при $|U_c - U_r| > \Delta U_{\max}$ запрещается синхронизация.

«Максимальное время синхронизации $T_{\max}$ » – максимальное время процесса синхронизации, задается в диапазоне от 1 минуты до 30 минут с дискретностью 1 минута. $T_{\max}$ измеряется с момента появления сигнала запуска синхронизации до формирования сигнала «Включить выключатель» включая время регулировки напряжения и времени регулировки частоты.

«Номинальное напряжение системы U_n » – номинальное первичное напряжение измерительного трансформатора. Задаваемые значения: 0,38; 0,66; 6; 10; 20; 35; 110 кВ.

«Минимальное напряжение системы и генератора $U_{\min}$ » – нижняя граница зоны напряжений системы и генератора, при которой разрешено регулирование напряжения. Задается в диапазоне от 50 до 95 % от U_n с дискретностью 1 %.

«Максимальное рассогласование напряжений $\delta U_{\max}$ » – граница зоны допустимой разности напряжений системы и генератора, при которой разрешена синхронизация. Задается в диапазоне от 1 до 20 % от U_n с дискретностью 1 %.

«Время опережения включения $T_{оп1}$ » – суммарное время включения промежуточных реле в цепи включения выключателя, подключающего генератор к сети, плюс время включения самого выключателя. Задается в диапазоне от 0,05 до 1,000 секунды с дискретностью 0,001 секунды.

«Время опережения включения $T_{оп2}$ » – аналогично $T_{оп1}$.

«Время опережения включения $T_{оп3}$ » – аналогично $T_{оп1}$.

«Максимальная частота скольжения $\Delta F_{1\max}$ » – верхняя граница допустимой зоны частот скольжения, при которых разрешена выдача сигнала на включение выключателя с временем опережения включения $T_{оп1}$. Задается в диапазоне от 0,10 до 0,80 Гц с дискретностью 0,01 Гц.

«Максимальная частота скольжения $\Delta F_{2\max}$ » – аналогична $\Delta F_{1\max}$. Задается для выключателя с временем опережения включения $T_{оп2}$.

«Максимальная частота скольжения $\Delta F_{1\max}$ » – аналогична $\Delta F_{1\max}$. Задается для выключателя с временем опережения включения $T_{оп3}$.

«Максимально допустимая частота скольжения $\Delta f_{\max}$ » – верхняя граница допустимой зоны частот скольжения, при которых разрешена регулировка частоты генератора. Задается в диапазоне от 1,0 до 5,0 Гц с дискретностью 0,1 Гц.

«Максимальный угол опережения ($\varphi_{оп}$) $_{\max}$ » – верхняя граница допустимой зоны значений угла сдвига фаз между напряжением системы и напряжением генератора, при которых разрешена выдача сигнала на включение выключателя (защита от несанкционированного включения). Задается в диапазоне от 20 до 150 эл. град. с дискретностью 1 эл. град.

«Допустимая погрешность по углу $\Delta\varphi$ » – разность между расчетным и фактическим значениями угла сдвига фаз между напряжением системы и генератора, при которой разрешена выдача сигнала на включение выключателя. Задается в диапазоне от 2 до 10 эл. град. с дискретностью 1 эл. град. Если заданы малые значения $\Delta\varphi$, то при больших значениях $T_{оп}$ и нестабильной частоте системы или генератора процесс синхронизации может занимать длительное время, либо вообще не завершится. Увеличение значения $\Delta\varphi$ позволяет сократить время синхронизации, но снижает точность синхронизации.

«Длительность импульса включения $T_{имп}$ » – продолжительность сигнала «Включить выключатель» на выходе синхронизатора. Задается в диапазоне от 0,01 до 1,00 секунды с дискретностью 0,01 секунды.

«Коэффициент пропорциональности регулирования частоты K_f » – определяет крутизну характеристики регулирования частоты по закону П-регулятора. Задается в диапазоне от 0,10 до 2,00 с/Гц с дискретностью 0,01 с/Гц.

«Длительность паузы между импульсами регулирования частоты генератора T_p » – Задается в диапазоне от 0,00 до 99,99 секунды с дискретностью 0,01 секунды.

«Коэффициент пропорциональности регулирования напряжения K_U » – определяет крутизну характеристики регулирования напряжения по закону П-регулятора. Задается в диапазоне от 0,10 до 9,99 с/В с дискретностью 0,01 с/В.

«Длительность паузы между импульсами регулирования напряжения генератора T_U » – Задается в диапазоне от 0,00 до 99,99 секунды с дискретностью 0,01 секунды.

«Длительность сигнализации T_c » – время включенного состояния реле «Сигнализация». Задаваемые значения: 1, 2, 3, 5, 10, 20 секунд или непрерывно.

«Проверка исправности выключателя» –разрешена или запрещена. Если проверка разрешена, то при приходе сигнала о включении выключателя сравниваются напряжения и частоты системы и генератора. Если они отличаются между собой больше допустимой величины, то считается что выключатель неисправен (не включился) и синхронизация запрещается.

«Контроль $U_{авар.}$ » – разрешается или запрещается контроль напряжения аварийного питания (напряжения батареи, запитывающей микросхемы оперативной памяти и часов реального времени). Если контроль разрешен, то при снижении напряжения батареи ниже порогового значения, на индикатор выводится сообщение «Разряд батареи». Работа синхронизатора не блокируется. Разряд батареи приведет к тому, что при отключении питания синхронизатора не будет сохраняться информация о текущем времени и содержимое архива событий. Значения уставок в данной ситуации будут сохраняться, так как они записываются в энергонезависимую память.

«Скорость обмена по ЛС» – задание скорости передачи данных по каналу связи. Значение выбирается из ряда: (300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200) бит/с.

«Протокол обмена по ЛС» – выбор протокола обмена по линии связи: «Старт» или Modbus.

«№ устройства для MODBUS» – задается индивидуальный номер, являющийся адресом устройства в сети. Устройству может быть присвоен номер от 1 до 247.

«Контрастность» – регулировка контрастности. С помощью кнопок «←», «→» регулируется контрастность изображения на индикаторе.

«Дежурная подсветка» – разрешается или запрещается подсветка индикатора. Если дежурная подсветка разрешена, то она горит постоянно. Если дежурная подсветка запрещена, то при нормальной работе синхронизатора она выключена. Подсветка включается либо при блокировке работы синхронизатора, либо после нажатия любой из кнопок клавиатуры (на 30 секунд).

«Время и дата» – последовательно вводятся часы и минуты, значения дня, месяца, две последние цифры года.

«Ввод уставок. Пароль» – четырехзначное число, разрешающее ввод и изменение уставок. Соответствует заводскому номеру, указанному в паспорте устройства. Регулировка контрастности и ввод даты не требует ввода пароля.

Перечень уставок и диапазоны их задания сведены в таблицу 3.

Таблица 3.

Наименование уставки	Условное обозначение	Единица измерения	Диапазон / дискретность
Разрешение автоматического регулирования частоты	Регул. F		Да, Нет
Разрешение автоматического регулирования напряжения	Регул. U		Да, Нет
Максимальное время синхронизации	Tmax	мин.	1...30 / 1
Номинальное первичное напряжение измерительного трансформатора	Uном	кВ	0,38; 0,66; 6; 10; 20; 35; 110
Минимальное напряжение системы и генератора	Umin	% от Uном	50...95 / 1
Максимально допустимая разность напряжений системы и генератора	δU_{max}	% от Uном	1...20 / 1
Время опережения включения	Tоп1	с	0,05...1,000 / 0,001
Максимальная частота скольжения	ΔF_{max1}	Гц	0,10...0,80 / 0,01
Время опережения включения	Tоп2	с	0,05...1,000 / 0,001

Наименование уставки	Условное обозначение	Единица измерения	Диапазон / дискретность
Максимальная частота скольжения	$\Delta F_{\max 2}$	Гц	0,10...0,80 / 0,01
Время опережения включения	Топ3	с	0,005...1,000 / 0,001
Максимальная частота скольжения	$\Delta F_{\max 3}$	Гц	0,10...0,80 / 0,01
Максимально допустимая частота скольжения, при которой разрешена регулировка частоты	$\Delta f_{\max}$	Гц	1,0...5,0 / 0,1
Максимально допустимый угол опережения, при котором разрешена выдача команды на включение выключателя	(фоп)max	эл. град.	20...150 / 1
Допустимая погрешность по углу	$\Delta \varphi$	эл. град.	2...10 / 1
Длительность импульса включения	Тимп	с	0,01...1,00 / 0,01
Коэффициент пропорциональности регулирования частоты	Kf	с / Гц	0,10...2,00 / 0,01
Длительность паузы при регулировке частоты	Tf	с	0,00...99,99 / 0,01
Коэффициент пропорциональности регулирования частоты	Ku	с / Гц	0,10...9,99 / 0,01
Длительность паузы при регулировке частоты	Tu	с	0,00...99,99 / 0,01
Длительность сигнализации	Tсигнал.	с	1, 2, 3, 5, 10, 20, непрерывно
Проверка исправности выключателя	Неиспр. выкл.		Да, Нет
Разрешение контроля аварийного питания	Uавар		Да, Нет
Скорость передачи по линии связи	Скорость обмена	бод	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200
Выбор протокола обмена по линии связи:	Протокол по ЛС		«Старт», Modbus.
Присвоение номера, т.е. адреса устройства в сети	MODBUS: № уст-ва		1...247 / 1
Контрастность индикатора	Контраст.		
Текущая дата и время	Дата	число, месяц, год, час, мин	1...31, 1...12, 0...99, 0...23, 0...59
Разрешение дежурной подсветки	Дежурная подсветка	—	Да, Нет
Пароль	Ввод уставок. Пароль		0—9999

2.3.3 Режим «Работа»

2.3.3.1 Режим «Работа» предназначен для точной подгонки параметров генератора к параметрам системы и включение его в систему на параллельную работу.

В режиме «Работа» в зависимости от состояния дискретных входов синхронизатор может находиться в одном из двух состояний: слежение или синхронизация.

2.3.3.2 При отсутствии сигналов запуска синхронизатор находится в состоянии слежения. Ведется постоянный контроль за напряжениями и частотами системы и генератора, а также за состоянием дискретных входов. Значения измеряемых величин выводятся на индикатор. В верхней строке отображаются текущие значения напряжения: вначале напряжения системы, затем – генератора. В нижней строке аналогичным образом отображаются текущие значения частоты системы, затем генератора.

В состоянии слежения синхронизатор может находиться сколь угодно долго.

При наличии сигнала на дискретном входе «Выключатель включен» (X1:1, X1:2 модуля БП) в верхней строке индикатора выводятся значение напряжения в киловольтах и частоты в герцах, а в нижней – сообщение «Генератор подкл.».

В состоянии слежения синхронизатор реагирует только на кнопку «Ввод». По нажатию кнопки «Ввод» синхронизатор переходит в состояние выбора режима (см. п. 2.3.1).

2.3.3.3 При приходе сигнала на любой из входов запуска синхронизации («Пуск с Топ1», «Пуск с Топ2», «Пуск с Топ3») синхронизатор переходит в состояние синхронизации.

Включается светодиод «Синхронизация». В верхней строке индикатора выводится сообщение «Синхронизация», которое будет сохраняться на протяжении всего процесса синхронизации.

Если в процессе синхронизации происходит регулирование напряжения и (или) частоты, то в верхней строке индикатора выводится направление регулирования («Увеличить», «Уменьшить») частоты, в нижней – напряжения.

При успешном завершении процесса синхронизации, т.е. при приходе сигнала о подключении генератора к системе (X1:1, X1:2 модуля БП), в верхней строке индикатора выводятся текущие значения напряжения и частоты, а в нижней – сообщение «Генератор подкл.»

В состоянии синхронизации синхронизатор реагирует только на кнопку «Сброс». Если нажата кнопка «Сброс», то выключаются все управляющие реле, отключаются реле «Синхронизация», включается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка». На индикатор выводятся текущие значения напряжений и частот системы и генератора. После снятия сигнала запуска выключается реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка» и синхронизатор переходит в состояние слежения.

2.3.3.4 Параметры процесса синхронизации задаются с помощью уставок. В процессе синхронизации ведется контроль параметров на допустимость. При обнаружении выхода параметров за граничные значения синхронизация запрещается, отключаются реле «Синхронизация», включаются реле «Запрет синхронизации» и светодиод «Блокировка», включается реле «Сигнализация», а на индикатор выводится сообщение о запрете синхронизации и причине запрета.

2.3.3.5 Ниже перечислены возможные сообщения о причине запрета синхронизации и необходимые действия обслуживающего персонала:

- «Запрет синхронизации. Генератор подключен» – попытка запуска процесса синхронизации при наличии сигнала о подключении генератора к системе. Необходимо снять сигнал запуска (входы «Пуск с Топ1», «Пуск с Топ2», «Пуск с Топ3»).
- «Синхр. невозможна. Ошибка запуска» – одновременное наличие сигналов более чем на одном входе запуска. Проверить дискретные входы, снять сигналы запуска.

- «Синхр. невозможна. Низкое $U_{\text{сист}}$ » – напряжение системы меньше граничного значения, задаваемого уставкой. Снять сигнал запуска. Проверить цепи измерения напряжения системы.
- «Синхр. невозможна. Низкое $U_{\text{ген}}$ » – напряжение генератора меньше граничного значения, задаваемого уставкой. Снять сигнал запуска. Проверить цепи измерения напряжения генератора. Повысить напряжение генератора.
- «Синхр. невозможна. $f_c < 45 \text{ Гц}$ ($f_c > 55 \text{ Гц}$)» – частота системы меньше (больше) граничного значения. Снять сигнал запуска. Проверить цепи измерения частоты системы.
- «Синхр. невозможна. $f_g < 45 \text{ Гц}$ ($f_g > 55 \text{ Гц}$)» – частота генератора меньше (больше) граничного значения. Снять сигнал запуска. Проверить цепи измерения частоты генератора. Повысить (понижить) частоту генератора.
- «Синхр. невозможна. $\Delta f > \Delta f_{\text{max}}$ » – частота скольжения больше граничного значения. Снять сигнал запуска. Повысить (понижить) частоту генератора.
- «Синхр. невозможна. Ошибка уставок» – не выполняется условие $\Delta F_{\text{max}} < (\varphi_{\text{оп}})_{\text{max}} / (t_{\text{оп}} \times 360^\circ)$. Снять сигнал запуска. Уменьшить уставку ΔF_{max} .
- «Синхр. невозможна. Время истекло» – истекло время синхронизации, задаваемое уставкой. Увеличить значение уставки T_{max} . Снять сигнал запуска и вновь подать его для повторного запуска процесса синхронизации.
- «Отказ синхронизатора» – при самотестировании обнаружена неисправность в цепях измерения напряжения или частоты, или обнаружена неисправность дискретных выходов. Необходимо отключить синхронизатор.

2.3.3.6 Во всех перечисленных случаях запрета синхронизации синхронизатор реагирует только на кнопку «Сброс». Кнопка «Сброс» отключает (подтверждает отключение) управляющие реле и снимает сигнал «Сигнализация».

Внимание! Для выхода из состояния запрета синхронизации необходимо снять сигнал запуска. Синхронизатор переходит в состояние слежения (см. п. 2.3.3.2).

2.3.3.7 Выход из режима «Работа» – по нажатию кнопки «Ввод». Синхронизатор переходит в состояние выбора режима.

2.3.4 Режим «Контроль».

2.3.4.1 В режиме «Контроль» можно проконтролировать на индикаторе:

- текущие значения измеряемых величин U_c , U_g как в первичных, так и во вторичных значениях, а так же f_c , f_g , φ ;
- значения расчетных величин δU , Δf ;
- состояние дискретных входов;
- дату и текущее время.

2.3.4.2 Отображаемая информация выбирается кнопками « $\rightarrow$ », « $\leftarrow$ ». При отображении информации в верхней строке индикатора выводится название режима – «Контроль», в нижней строке – текущее значение контролируемого параметра. Кнопкой «Ввод» выбирается в первичных или вторичных величинах отображается информация (только для U_c , U_g).

2.3.4.3 При контроле дискретных входов на индикаторе отображается наличие (1) или отсутствие (0) сигналов на контактах клеммников X1, X2 модуля БП (см. рис. 4)

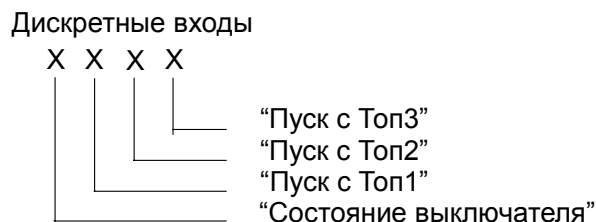


Рис. 4. Расположение на индикаторе информации о состоянии дискретных входов.

2.3.4.4 В режиме «Контроль» контролируется состояние дискретных входов. Если обнаружен сигнал запуска, то синхронизатор переходит в режим «Работа».

2.3.4.5 Выход из режима «Контроль» – по нажатию кнопки «Выход». Синхронизатор переходит в состояние выбора режима.

2.3.5 Режим «Архив событий»

2.3.5.1 Режим «Архив событий» позволяет просмотреть на индикаторе устройства информацию о пятидесяти последних событиях и о времени, когда данные события произошли. Фиксируемыми событиями являются: все подключения, неуспешные подключения генератора к системе и обнаруженные неисправности в работе синхронизатора.

2.3.5.2 Выбор режима осуществляется нажатием кнопки «Ввод». На индикаторе отображается номер последнего события, дата и время, когда данное событие произошло. С помощью кнопок «→», «←» находится интересующее событие. Выбор события подтверждается кнопкой «Ввод». С помощью кнопок «→», «←» просматриваются значения параметров системы и генератора на момент свершения события и значения заданных уставок.

2.3.5.3 В режиме «Архив событий» контролируется состояние дискретных входов. Если обнаружен сигнал «Пуск», то синхронизатор переходит в режим «Работа».

2.3.5.4 Выход из режима «Архив событий» – по нажатию кнопки «Выход». Синхронизатор переходит в состояние выбора режима.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Общие указания

3.1.1 Для синхронизатора устанавливаются следующие виды технического обслуживания:

- профилактический контроль;
- профилактическое восстановление.

3.1.2 Профилактический контроль должен проводиться не реже одного раза в 18 месяцев в следующем объеме:

- 1) внешний осмотр по п. 2.2.2.2;
- 2) измерение электрического сопротивления изоляции по п. 2.2.2.3;
- 3) проверка работоспособности по п. 2.2.2.4.

3.1.3 Профилактическое восстановление должно проводиться специальными службами не реже одного раза в 3 года в следующем объеме:

- 1) внешний осмотр по п. 2.2.2.2;
- 2) внутренний осмотр по п. 3.1.4;
- 3) измерение электрического сопротивления изоляции по п. 2.2.2.3;

- 4) проверка работоспособности по п. 2.2.2.4;
- 5) измерение параметров по п. 3.2;
- 6) калибровка по п. 3.3.4 (при необходимости).

3.1.4 При внутреннем осмотре проверяется отсутствие механических повреждений, надежность винтовых соединений, надежность разъемных соединений, проводится очистка от пыли и посторонних предметов.

3.2 Измерение параметров

3.2.1 Измерение параметров синхронизатора проводить в следующей последовательности:

1) подключить источник переменного напряжения с выходной мощностью не менее 5 ВА, с возможностью регулировки выходного напряжения в диапазоне от 0 до 150 В с нестабильностью $\pm 0,2\%$ и возможностью регулировки частоты выходного сигнала в диапазоне от 45 Гц до 55 Гц к клеммам X3: 1 и X3: 2 модуля ВВ. Параллельно подключить эталонный вольтметр переменного тока класса точности 0,1;

2) подать напряжение питания 220 (110) В на синхронизатор и включить его. Перевести синхронизатор в режим «Контроль». Выбрать в качестве контролируемой величины напряжение системы. Задать отображение измеряемой величины во вторичных значения;

3) изменяя подаваемое напряжение во всем рабочем диапазоне синхронизатора (от 20 В до 120 В), сравнить показания эталонного вольтметра с показаниями индикатора. Ошибка измерений не должна превышать $\pm 0,65$ В. При превышении указанного значения произвести калибровку канала измерения напряжения (см. п. 3.3.4);

4) по окончании калибровки повторить п. 3.2.1.3);

5) на вход эталонного частотомера подать сигнал с контакта X1: 7 (X1: 9) модуля ПРЦ. Выбрать в качестве контролируемой величины частоту системы. Подать от источника напряжение равное 100 В.

6) изменяя частоту подаваемого напряжения от 45 Гц до 55 Гц, сравнить показания эталонного частотомера с показаниями индикатора. Ошибка измерений не должна превышать $\pm 0,01$ Гц;

7) подключить источник переменного напряжения и эталонный вольтметр к клеммам X3: 3 и X3: 4 модуля ВВ. Выбрать в качестве контролируемой величины напряжение генератора. Произвести измерения аналогично п.3.2.1.3);

8) на вход эталонного частотомера подать сигнал с контакта X1: 6 (X1: 4) модуля ПРЦ. Выбрать в качестве контролируемой величины частоту генератора. Подать от источника напряжение равное 100 В. Произвести измерения аналогично п.3.2.1.6);

3.3 Регулировка измерительных каналов

3.3.1 Регулировка включает в себя калибровку и фазировку измерительных каналов

3.3.2 Для проведения регулировки необходимо выключить синхронизатор. Снять переднюю панель блока. На устройстве ввода-вывода модуля ВВ закоротить контакты разъема X3 (см. рис. 14 приложения). Включить синхронизатор. Синхронизатор переходит в режим «Калибровка».

3.3.3 Выбор операции, которая будет выполняться – калибровка или фазировка, осуществляется кнопками «→», «←». Подтверждение выбора – по нажатию кнопки «Ввод».

3.3.4 Калибровка каналов измерения напряжения.

Внимание! Калибровку проводить не ранее чем через 10 минут после включения синхронизатора.

3.3.4.1 Синхронизатор измеряет среднеквадратичные значения напряжения. Перед калибровкой вводятся значения начального смещения по каждому измерительному каналу при $U_c = U_g = 0$ В. Кнопками «→», «←» выбирается канал и подтверждается его выбор нажатием кнопки «Ввод». На индикаторе отображается значение начального смещения по данному каналу. Если значение под чертой отлично от 0, то нажать кнопку «Ввод». Выход по кнопке «Выход». Необходимо ввести начальное смещение по всем четырем каналам:

- U_1 – дублирующий канал измерения напряжения системы;
- U_2 – канал измерения напряжения системы;
- U_5 – дублирующий канал измерения напряжения генератора;
- U_6 – канал измерения напряжения генератора;

После ввода начального смещения перейти к калибровке измерительных каналов

Выбор калибруемых каналов осуществляется кнопками «←» и «→». В нижней строке указывается значение напряжения, которое необходимо подать на калибруемые каналы. Для подтверждения выбора нажать кнопку «Ввод». По каждому каналу на индикатор выводятся два значения измеряемой величины: первое – без учета, а второе – с учетом калибровочного коэффициента. Возврат в состояние выбора каналов осуществляется по кнопке «Выход».

3.3.4.2 Запараллелить вход измерения напряжения системы ($X3: 1$ и $X3: 2$) со входом измерения напряжения генератора ($X3: 3$ и $X3: 4$) и подключить к ним источник переменного напряжения, регулируемый в диапазоне от 0 до 150 В с нестабильностью $\pm 0,2\%$ и мощностью не менее 5 ВА. Параллельно подключить эталонный вольтметр переменного тока класса точности 0,1. По эталонному вольтметру выставить напряжение $100 \pm 0,1$ В.

3.3.4.3 Выбрать калибруемые каналы. Нажать кнопку «Ввод». По каждому каналу значение напряжения под чертой должно стать равным 100 В (с учетом допустимой погрешности). В данном состоянии при каждом нажатии кнопки «Ввод» происходит калибровка.

Для калибровки следующих каналов необходимо нажать кнопку «Выход», кнопку «→» и подтвердить выбор кнопкой «Ввод».

3.3.5 Фазировка каналов измерения напряжения.

3.3.5.1 Выполнить п. 3.3.2. Перейти в состояние фазировки (см. п. 3.3.3). На индикатор выводится значение угла сдвига фаз между напряжениями в каналах U_c и U_g , значения напряжения и частоты в канале U_g .

3.3.5.2 Если значение угла не равно нулю, то при включенном синхронизаторе необходимо сдвинуть переднюю панель, чтобы получить доступ к подстроечному резистору R_6 , размещенному на плате фильтрации модуля ВВ. С помощью подстроечного резистора R_6 добиться $\varphi = 0$.

3.3.5.3 Изменяя напряжение от 20 до 120 В и частоту от 45 до 55 Гц убедиться, что во всем рабочем диапазоне напряжений и частот угол сдвига фаз не превышает 0,5°.

3.3.6 По завершению регулировки необходимо отключить синхронизатор от питающей сети. На устройстве ввода-вывода модуля ВВ снять перемычку между контактами разъема $X3$. Установить переднюю панель. Подключить синхронизатор к питающей сети и включить его.

4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

4.1 Ремонт синхронизатора за исключением замены предохранителей, необходимо производить в специализированных центрах или на предприятии-изготовителе.

4.2 Неисправный синхронизатор необходимо упаковать, сопроводить подробным описанием обнаруженной неисправности и отправить по адресу, указанному в паспорте.

5 ХРАНЕНИЕ

5.1 Условия хранения синхронизатора в упаковке предприятия-изготовителя в части воздействия климатических факторов должны соответствовать условиям 2 по ГОСТ 15150-69.

Срок хранения до ввода в эксплуатацию не более одного года.

6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

6.1 Синхронизатор в транспортной таре предприятия-изготовителя допускается транспортировать любым видом закрытого транспорта (железнодорожных вагонах, контейнерах, закрытых автомашинах, трюмах и т.д.).

При транспортировке на самолетах допускается транспортирование только в отапливаемых герметизированных отсеках.

6.2 Условия транспортирования в части воздействия климатических факторов должны соответствовать условиям хранения 5 по ГОСТ 15150-69, при морских перевозках в трюмах – по условиям хранения 3.

4 Маркировка

4.1 На корпусе синхронизатора имеется маркировка, содержащая следующую информацию:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- обозначение изделия («Спринт-М»);
- заводской номер изделия;
- дату изготовления (месяц, год).

4.2 Вблизи органов управления и клемм имеются надписи или символы, указывающие их назначение.

5 Упаковка

5.1 Синхронизатор поставляется упакованным в соответствующую транспортную тару, имеющую маркировку по ГОСТ 14192-77 и содержащую манипуляционные знаки.

5.2 Поставка на малые расстояния или поставка небольших партий синхронизаторов по согласованию с потребителем допускается без транспортной тары.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

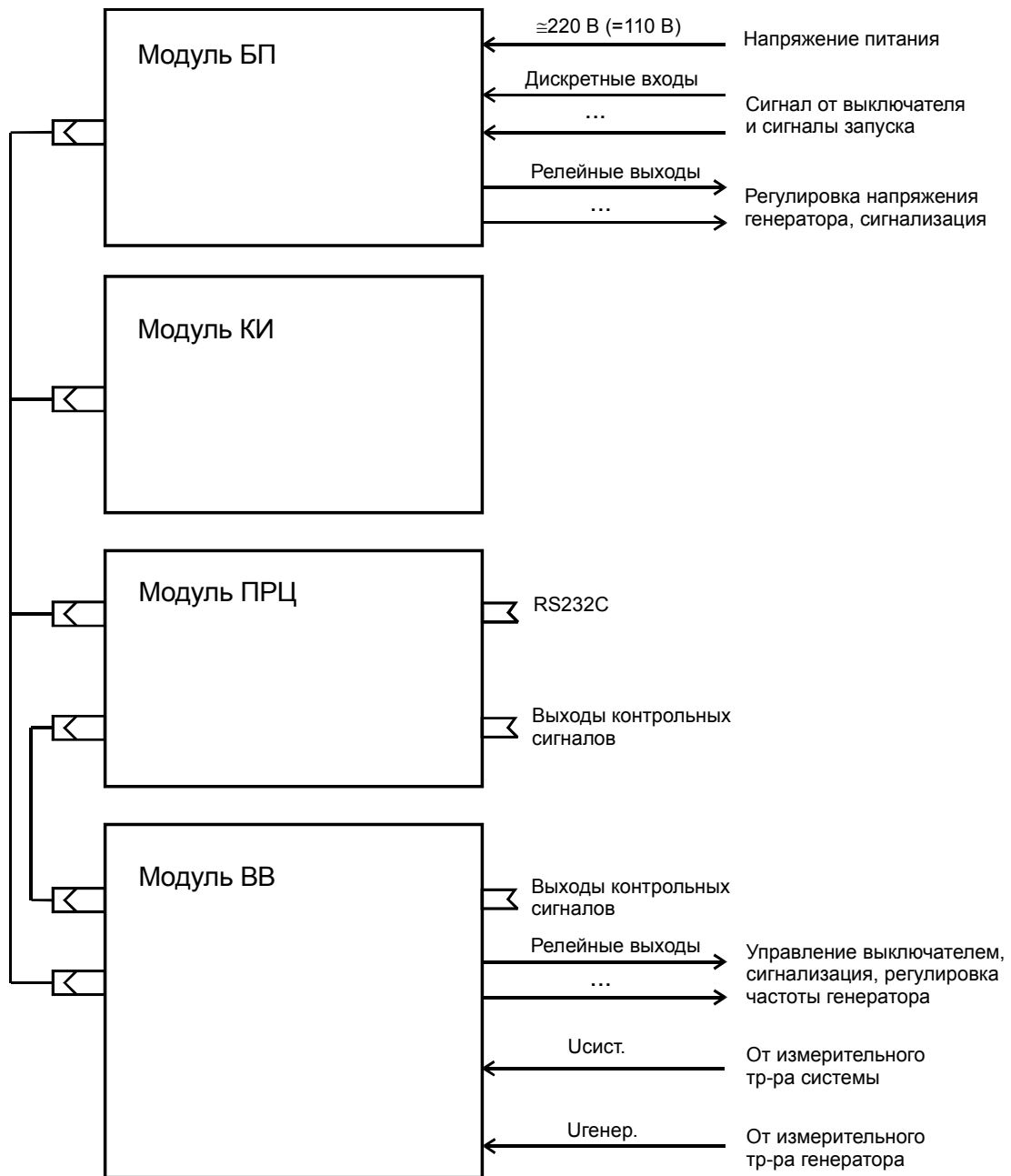


Рис. 1. Структурная схема синхронизатора.



Рис. 2. Внешний вид панели управления синхронизатора.

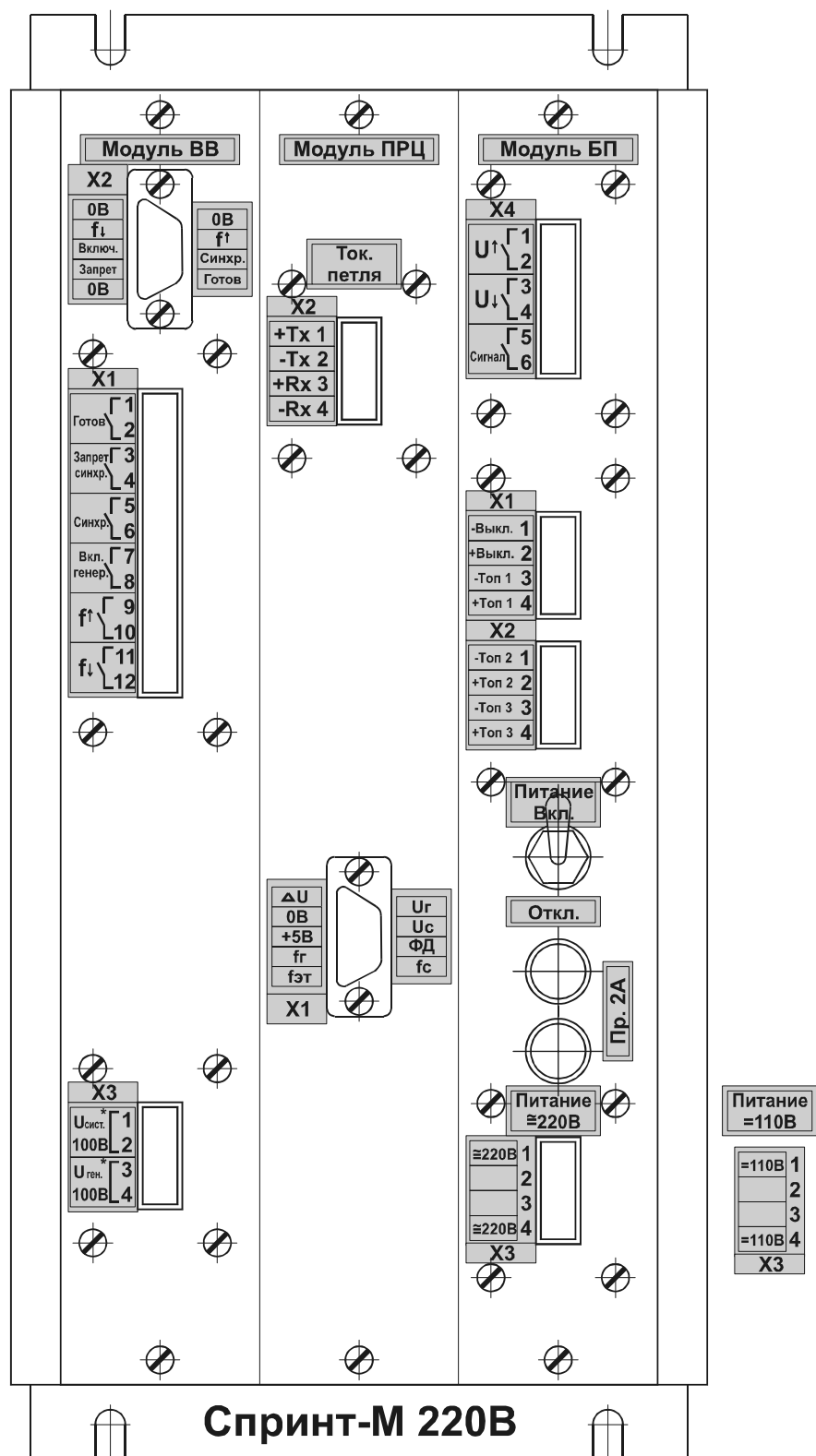


Рис. 3. Внешний вид синхронизатора. Вид сзади.

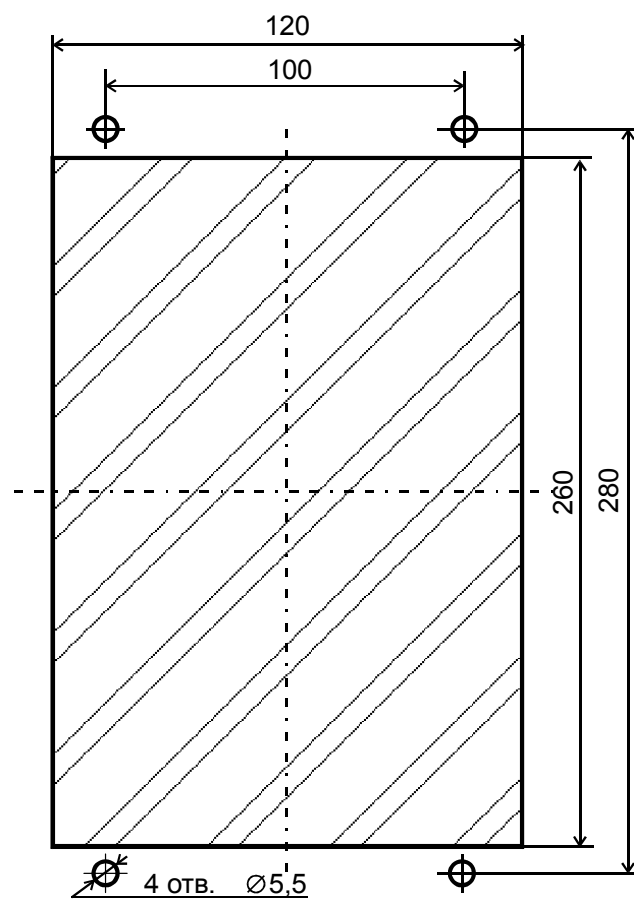


Рис. 4. Разметка окна, вырубаемого в панели, для установки синхронизатора.

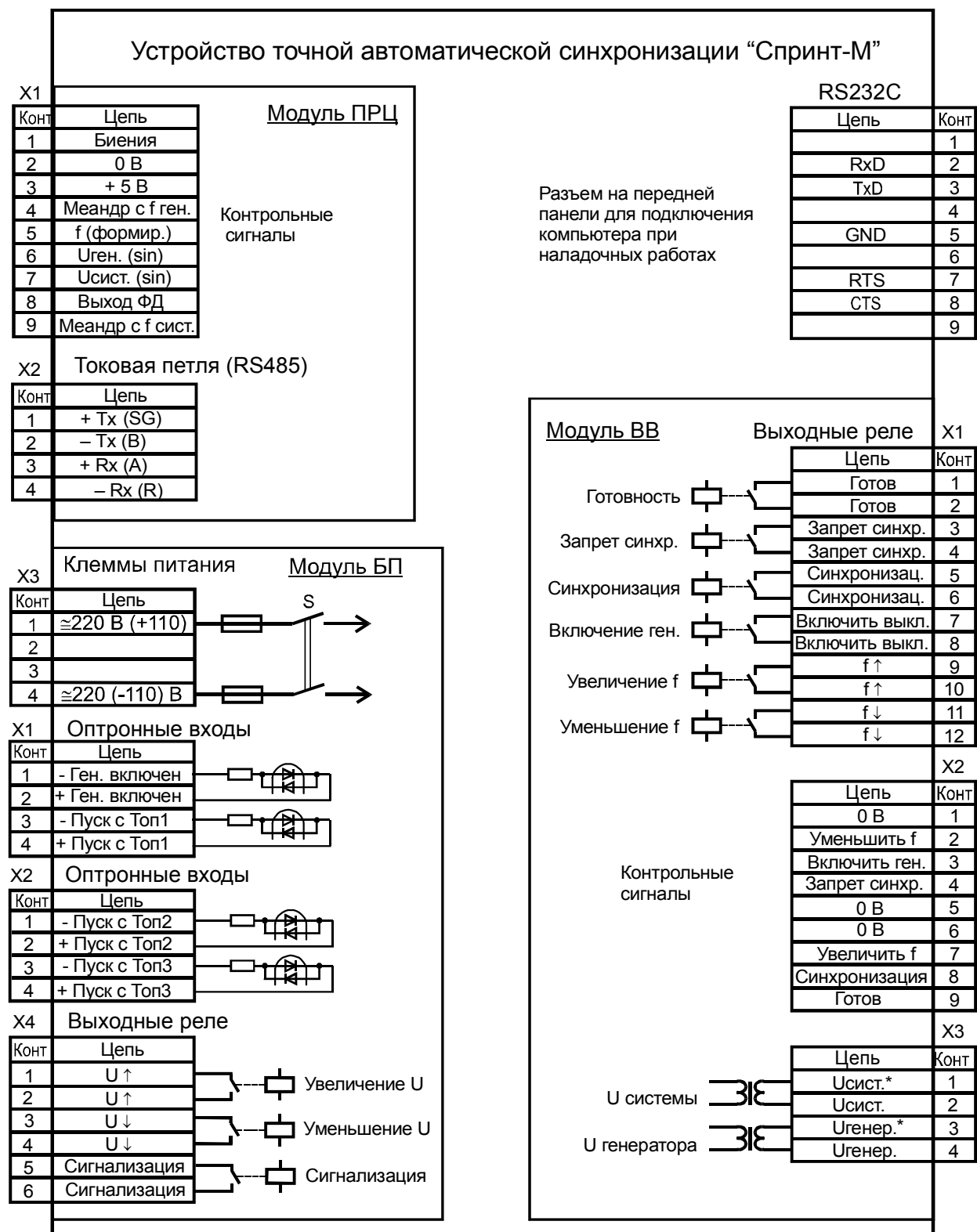


Рис. 5. Функциональное назначение клемм и контактов разъемов синхронизатора.

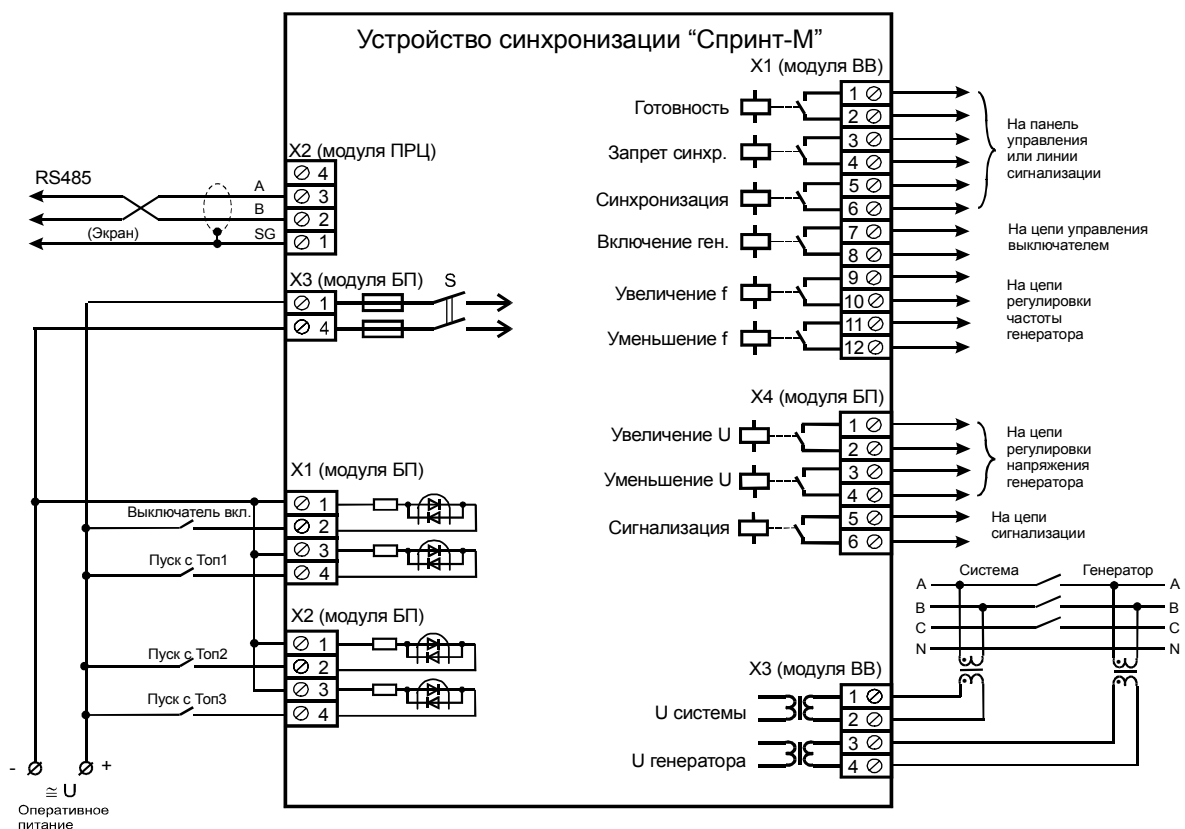


Рис. 6. Схема подключения синхронизатора «Спринт-М» (для исполнения с интерфейсом линии связи – RS485).

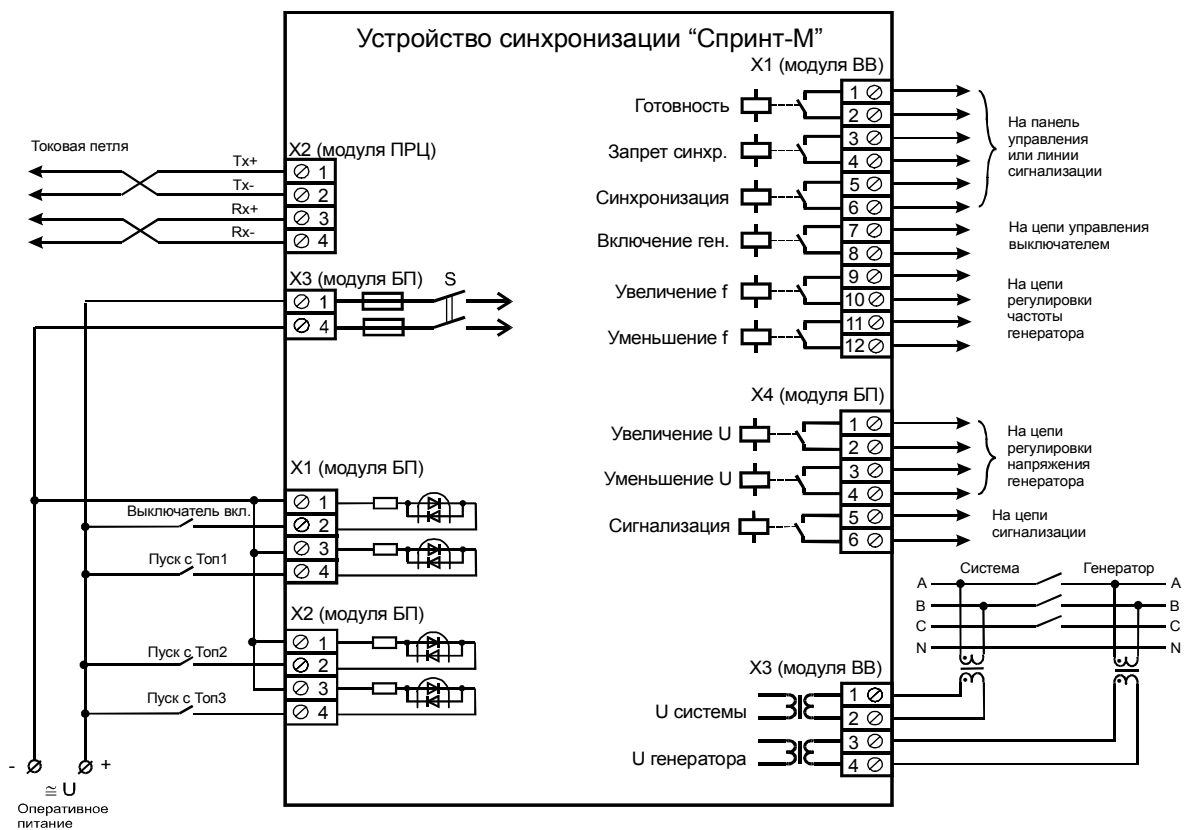


Рис. 7. Схема подключения синхронизатора «Спринт-М» (для исполнения с интерфейсом линии связи – токовая петля).

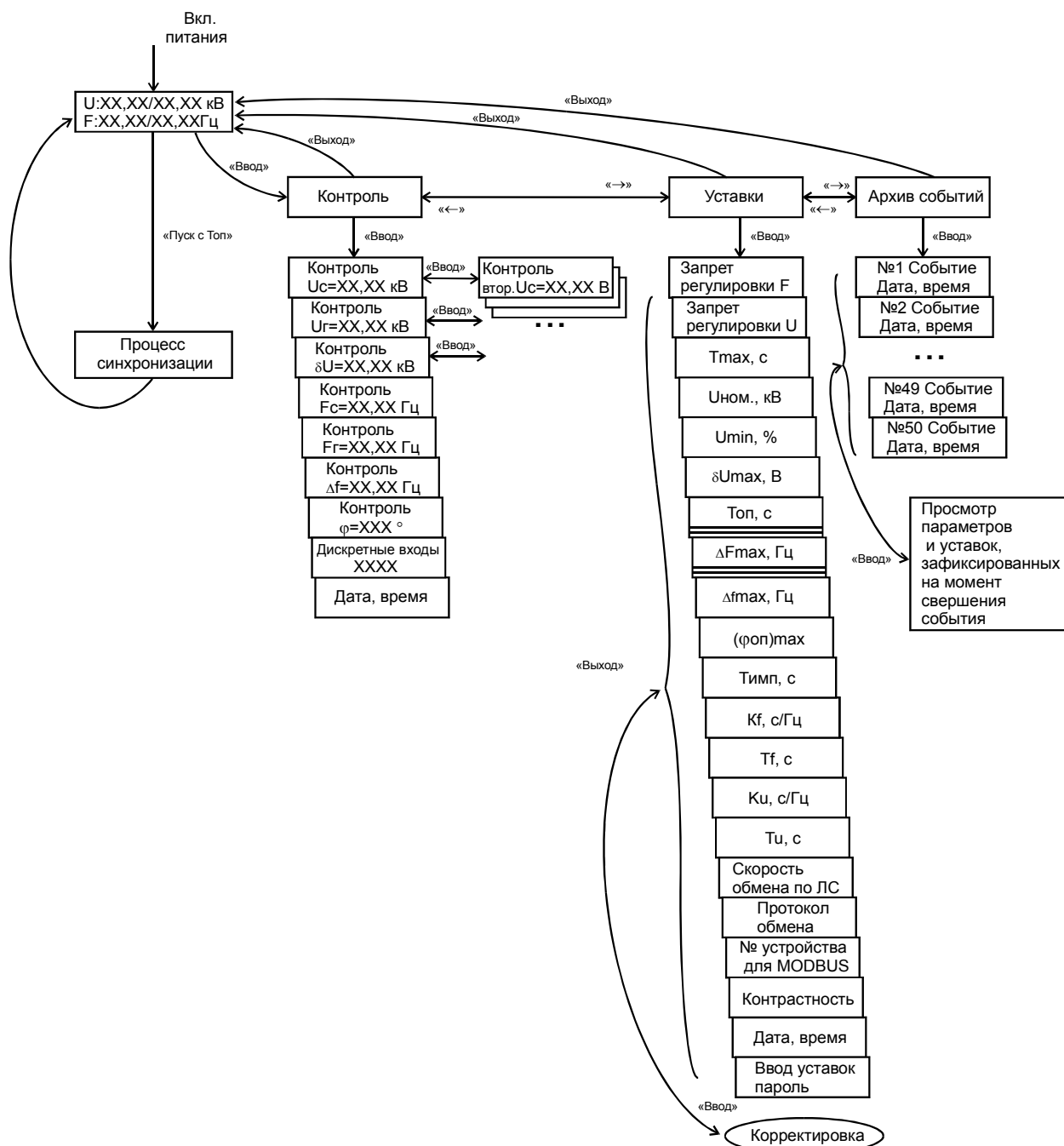


Рис. 8. Структура диалога устройства «Спринт-М»

1. Переход на нижестоящий уровень осуществляется по нажатию кнопки «Ввод».
2. Подтверждение выбора индицируемого действия или корректируемого параметра осуществляется по нажатию кнопки «Ввод».
3. Циклический перебор состояний в пределах выбранного уровня или параметров в пределах выбранной группы осуществляется кнопками «←» и «→».
4. Переход на выше стоящий уровень диалога осуществляется по нажатию кнопки «Выход».

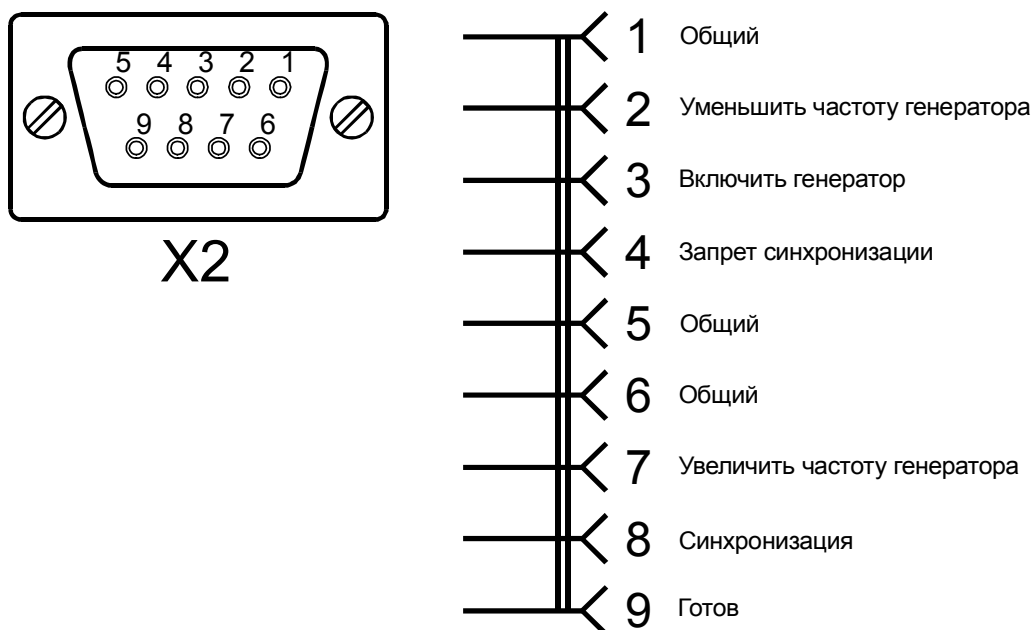


Рис. 9. Функциональное назначение контактов контрольного разъема X2 модуля ВВ



Рис. 10. Функциональное назначение контактов контрольного разъема X1 модуля ПРЦ

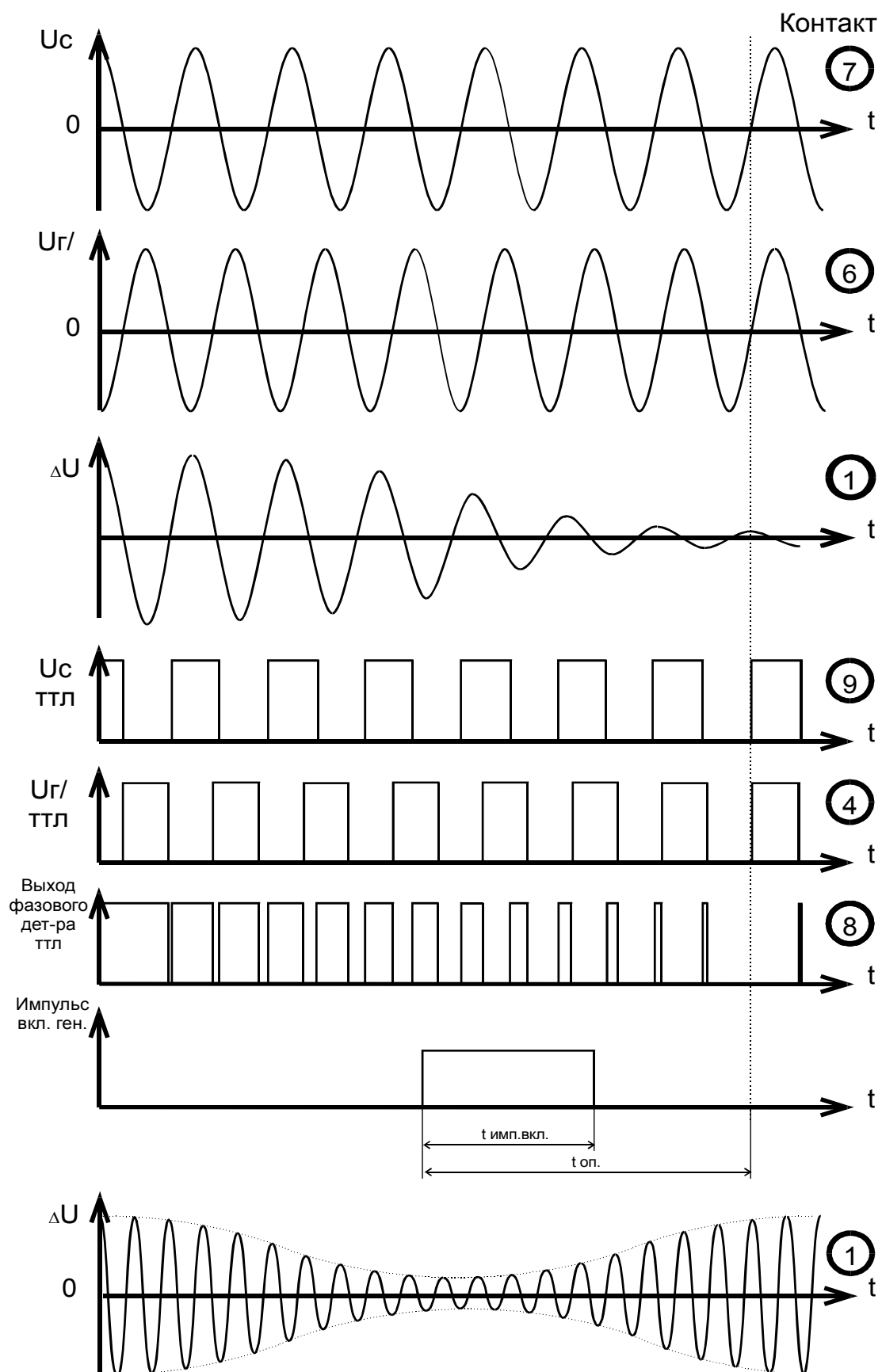


Рис. 11. Осциллограммы сигналов, выведенных на контрольный разъем X1 модуля ПРЦ.
В кружочке указан номер контакта, на который выведен соответствующий сигнал.

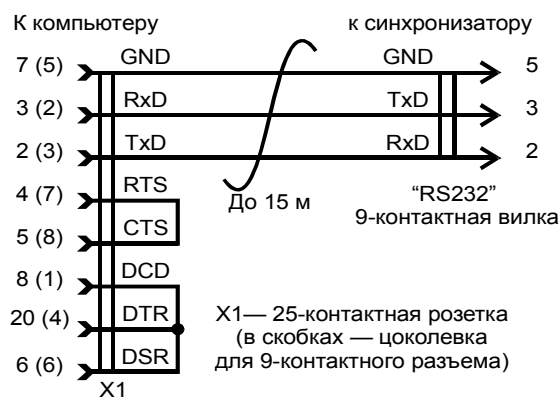


Рис. 12. Схема соединительного кабеля между синхронизатором и компьютером.

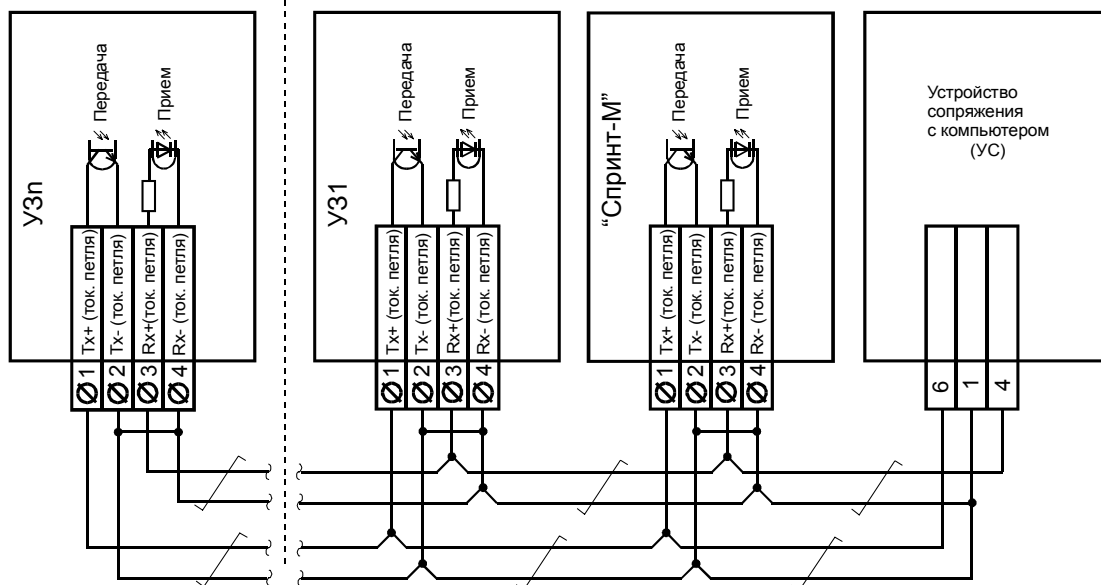


Рис. 13. Схема подключения устройств с интерфейсом «токовая петля» в локальную сеть. К каждому входу устройства сопряжения (всего четыре входа) может быть подключено до двадцати устройств защиты. Суммарная длина кабеля – до 500 м.

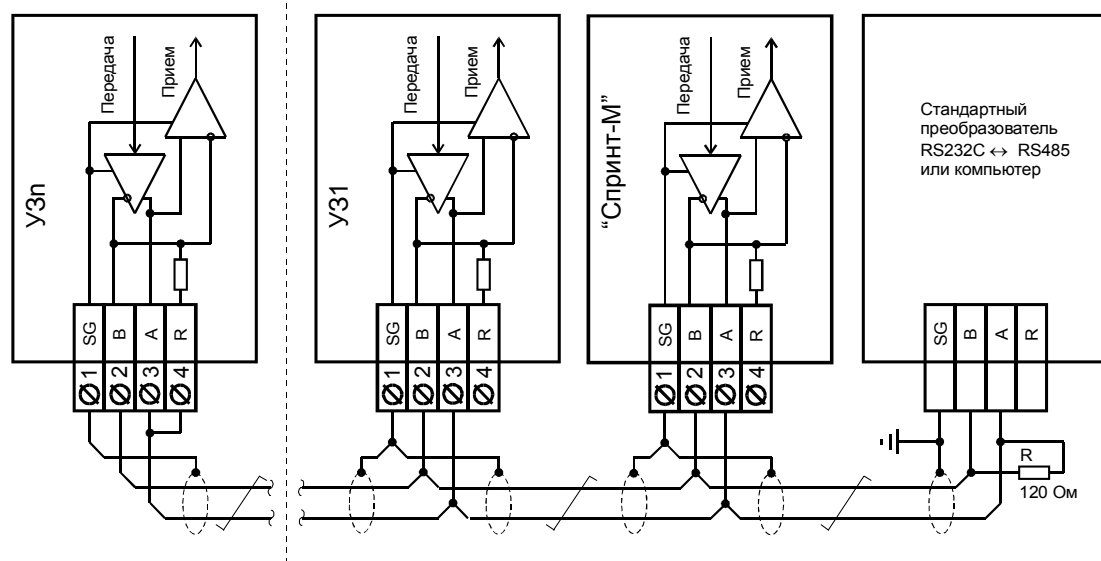


Рис. 14. Схема подключения устройств с интерфейсом RS485 в локальную сеть. Внешний резистор R устанавливается при отсутствии встроенного резистора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Расчет и выбор уставок точной автоматической синхронизации

Расчет сводится к определению максимально допустимого скольжения при принятых критериях допустимости включения с данным углом. Допустимость включения с данным углом и суммарным сопротивлением x_d'' и $x_{ви}$ (где $x_{ви}$ – сопротивление системы, приведенное к мощности генератора) проверяется сопоставлением значений тока включения и электромагнитного момента на валу с максимальными значениями этих величин при трехфазном КЗ на выводах генератора при э.д.с. $E_q'' = 1,05$. Для возбужденной машины наиболее опасным является момент на валу.

Условие допустимости включения выглядит следующим образом:

$$I_{доп}'' = \frac{I_{КЗ}''}{K_I} = \frac{1,05}{x_d'' K_I},$$

$$M_{доп} = \frac{M_{КЗ \max}}{K_M} = \frac{1,05^2}{x_d''},$$

где K_I, K_M – коэффициенты запаса по току и по моменту (большие единицы).

Приравняв синусы к аргументам (при углах менее 30°) и приняв $\varphi_{ВКЛ} = \varphi_{доп}$, $I_{ВКЛ}'' = I_{доп}''$, $M_{ВКЛ \max} = M_{доп}$, $E = 1,05$ получим максимально допустимый ток при включении, равный

$$I_{доп}'' = \frac{\varphi_{доп}}{x_d'' + x_c} = \frac{M_{доп}}{2} = \frac{0,55}{x_d'' K_M}.$$

Для машин с $x_d'' > 0,275$ следует принимать $K_M = 2$, тогда $I_{доп}'' < 1$ (т.е. значение периодической составляющей тока включения будет меньше номинального).

Для машин с $x_d'' \leq 0,275$ следует принимать $I_{доп}'' = 1$ и $K_M > 2$.

1. Расчет времени опережения

Время опережения выбирается равным сумме времен включения выключателя и срабатывания всех промежуточных реле

$$t_{оп} = t_{ВВ} + \sum_i t_i.$$

2. Расчет максимально допустимого угла включения

При $x_d'' \leq 0,275$, $\varphi_{\max} = x_d'' + x_{ви}$,

При $x_d'' > 0,275$, $\varphi_{\max} = \frac{0,275(x_d'' + x_{ви})}{x_d''}$.

3. Расчет максимально допустимой частоты скольжения

Угловая ошибка синхронизатора содержит две составляющие

$$\varphi_{ош} = \Delta\varphi_c + \omega_s \Delta t_{оп},$$

где $\Delta\varphi_c$ – угловая погрешность, не зависящая от скольжения; $\omega_s \Delta t_{оп}$ – погрешность, пропорциональная скольжению.

Угловая ошибка из-за разброса времени включения выключателя и срабатывания реле синхронизации равна

$$\varphi_{ОШ.В} = \omega_S \Delta t_{ОП} = \omega_S (\Delta t_{ВВ} + \Delta t_{РС}) .$$

Суммарная угловая ошибка при синхронизации

$$\varphi_{ОШ} = \varphi_{ОШ.С} + \varphi_{ОШ.В} = \Delta \varphi_C + \omega_S (\Delta t_{ОП} + \Delta t_{ВВ} + \Delta t_{РС}) .$$

Отсюда, приняв $\varphi_{ОШ} = \varphi_{ДОП}$ и $\omega_S = \omega_{\max}$, расчетная максимально допустимая угловая скорость скольжения

$$\omega_{\max} = \frac{\varphi_{ДОП} - \Delta \varphi_C}{\Delta t_{ОП} + \Delta t_{ВВ} + \Delta t_{РС}} [\text{рад/с}],$$

где $\Delta \varphi_C = 3 \text{ эл.град.} = 0,052 \text{ рад}$; $\Delta t_{ОП} = 5 \text{ мс}$; $\Delta t_{ВВ} = 0,1 t_{ВВ}$; $\Delta t_{РС}$ — определяется как разность паспортного и измеренного значений времени срабатывания или $0,1 t_{РС}$.

Расчетная максимально допустимая частота скольжения

$$\Delta F_{\max} = \frac{\omega_{\max}}{2\pi} .$$

Полученное значение должно удовлетворять условию

$$\Delta F_{\max} < \frac{\varphi_{ОП\max}}{t_{ОП} \times 360^\circ} ,$$

в противном случае следует уменьшить полученное значение $\Delta F_{\max}$.

Если расчетная максимально допустимая частота скольжения превышает максимальное граничное значение рабочего диапазона скольжений, следует принимать значение $\Delta F_{\max}$, равное максимальному граничному.

4. Выбор уставки максимально допустимого рассогласования напряжений системы и генератора при выработке импульса на включение

Значение уставки определяется системой автоматического регулирования возбуждения (АРВ) генератора, а также стабильностью напряжения в системе. Большое значение уставки может увеличить электродинамический удар, а малое — может сорвать процесс синхронизации. Обычно значения, равные 1 — 3 %, задаются для генераторов с АРВ сильного действия, а значения 5 — 15 % — для АРВ пропорционального типа.

5. Расчет коэффициента пропорциональности регулирования частоты генератора

Коэффициент определяет крутизну характеристики регулирования частоты генератора по закону П-регулятора (см. рис. 8).

Для расчета требуемого коэффициента необходимо ранее измеренную длительность пробного импульса регулирования разделить на изменение частоты, вызванное воздействием этого импульса. Рекомендуется произвести несколько измерений для разных длительностей импульса, а затем усреднить полученные данные с целью получения более точного результата.

Примеры расчета уставок

Пример 1. Синхронизируемое присоединение - блок генератор - трансформатор без выключателя на стороне генераторного напряжения

Генератор: СВО-1000/260-40; $x_d'' = 0,28$; $S_{НОМ} = 236 \text{ МВт}$.

Трансформатор: ТДЦ-250000/110; $U_K = 10,5 \%$.

Выключатель: ВВБМ-110Б; $t_{ВВ} = 0,2 \text{ с}$; $\Delta t_{ВВ} = 0,02 \text{ с}$.

Реле синхронизации: РП223, $t_{РС} = 0,01 \text{ с}$; $\Delta t_{РС} = 0,001 \text{ с}$.

1. Расчет уставки по времени опережения

$$t_{OP} = t_{BB} + \sum_i t_i = 0,2 + 0,01 = 0,21$$

2. Расчет уставки по максимально допустимому скольжению

Поскольку $x_d'' > 0,275$ максимально допустимый угол включения

$$\varphi_{\max} = \frac{0,275(x_d'' + x_{\text{вн}})}{x_d''} = \frac{0,275(0,28 + 0,1)}{0,28} = 0,373 \text{ рад } (21,3^\circ \text{ эл.}).$$

Максимально допустимая угловая частота скольжения

$$\omega_{\max} = \frac{\varphi_{\text{ДОП}} - \Delta\varphi_C}{\Delta t_{OP} + \Delta t_{BB} + \Delta t_{PC}} = \frac{0,373 - 0,052}{0,005 + 0,02 + 0,001} = 12,35 \text{ рад/с.}$$

Максимально допустимая частота скольжения

$$\Delta F_{\max} = \frac{\omega_{\max}}{2\pi} = \frac{12,35}{6,28} = 1,96 \text{ Гц.}$$

Поскольку полученное значение частоты скольжения превышает наибольшее паспортное значение, принимается $\Delta F_{\max} = 0,8 \text{ Гц.}$

Вычисленное значение удовлетворяет условию:

$$\Delta F_{\max} = 0,8 < \frac{\varphi_{OP \max}}{t_{OP} \times 360^\circ} = 1,58 \text{ Гц.}$$

Пример 2. Синхронизируемое присоединение - турбогенератор напряжением 10,5 кВ

Генератор: ТВФ-63-2У3; $x_d'' = 0,153$.

Выключатель: МГУ-20-90/6300; $t_{BB} = 0,8 \text{ с; } \Delta t_{BB} = 0,1 \text{ с.}$

Соппротивление системы, приведенное к мощности генератора $x_{\text{вн}} = 0,01$.

Реле синхронизации: РП252, $t_{PC} = 0,05 \text{ с; } \Delta t_{PC} = 0,005 \text{ с.}$

1. Расчет уставки по времени опережения

$$t_{OP} = t_{BB} + \sum_i t_i = 0,8 + 0,05 = 0,85$$

2. Расчет уставки по максимально допустимому скольжению

Поскольку $x_d'' < 0,275$ максимально допустимый угол включения

$$\varphi_{\max} = x_d'' + x_{\text{вн}} = 0,153 + 0,01 = 0,163 \text{ рад } (9,35^\circ \text{ эл.}).$$

Максимально допустимая угловая частота скольжения

$$\omega_{\max} = \frac{\varphi_{\text{ДОП}} - \Delta\varphi_C}{\Delta t_{OP} + \Delta t_{BB} + \Delta t_{PC}} = \frac{0,163 - 0,052}{0,005 + 0,1 + 0,005} = 1,009 \text{ рад/с.}$$

Максимально допустимая частота скольжения

$$\Delta F_{\max} = \frac{\omega_{\max}}{2\pi} = \frac{1,009}{6,28} = 0,161 \text{ Гц.}$$

Вычисленное значение удовлетворяет условию:

$$\Delta F_{\max} = 0,161 < \frac{\varphi_{OP}}{t_{OP} \times 360^\circ} = \frac{120^\circ}{0,85 \times 360^\circ} = 0,39 \text{ Гц}$$