

СЕРВОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ BSD

**Параметры
1632-002.001РЭ1**

Санкт-Петербург 2015

Оглавление

1.	Введение.....	3
2.	Иерархия параметров	4
2.1	1-й уровень. Уровень шины.....	4
2.2	2-й уровень. Уровень ЭП.....	5
2.3	3-й уровень. Уровень частей ЭП.....	6
3.	Перечень параметров ЭП.....	7
3.1	ЭП р1-р199.....	7
3.1.1	Версия р1-р19.....	7
3.1.2	Силовая часть ШИМ р20 –р 49.....	8
3.1.3	Вход р50-р89.....	9
3.1.4	Выход р90-р99.....	12
3.2	ЭД р200-р299	16
3.3	Регулятор тока р300-р399	18
3.4	Регулятор скорости р400-р499	23
3.5	Регулятор положения р500-р599	26
4.	Интерфейс шины (Bus interface) р600-р699.....	29
5.	Состояния ЭП р700-р799	29
5.1	Состояние ЭП	29
5.2	Состояние входов ЭП	29
5.3	Состояние цифровых входов ЭП	30
5.4	Монитор.....	32
6.	Ошибки и предупреждения р800-р899	34
6.1	Контроль датчиков	34
6.2	Контроль токов	35
6.3	Контроль скорости	35
6.4	Контроль позиции	35
6.5	Контроль аварийного останова	35
6.6	Перечень ошибок р800-р849	36
6.7	Перечень предупреждений р850-р899	38
7.	Функциональный генератор и осциллограф р900-р999.....	39
7.1	Параметры функционального генератора р900-р919	39
7.2	Параметры осциллографа р920-р949.....	41
7.2.1	Параметры непрерывного режима осциллографа (два канала, 1 мсек минимум)	41
7.2.2	Параметры запоминающего режима осциллографа (четыре канала, 0.25 мсек минимум, 2048 данных на канал).....	41
7.3	Измерительные сигналы р950-р999.....	44
	Приложения	49
	Приложение 1. Ввод в эксплуатацию и расчетные формулы величин	49
	Приложение 2. Работа разрядного (тормозного) транзистора.....	53
	Приложение 3. PID-регулятор скорости и тока.....	53

Приложение 4. Р-регулятор положения с предуправлением.....	56
Приложение 5. Теория ЦИП.....	60
Приложение 6. Резерв.....	60
Приложение 7. Фильтры сглаживания команды тока, скорости и положения.....	60
Приложение 8. Фильтр обратной связи по скорости.....	61
Приложение 9. Токовые фильтры.....	62

1. Введение

Данный документ содержит необходимую информацию для ввода в эксплуатацию сервопреобразователей BSD (именуемые далее электропривод или ЭП) в краткой форме. Здесь не могут быть перечислены все возможные детали параметров и функций ЭП.



ВНИМАНИЕ! Документ не отражает незначительные изменения в ЭП, внесённые изготовителем после написания, а также изменения по комплектующим изделиям и документации, поступающей с ними!



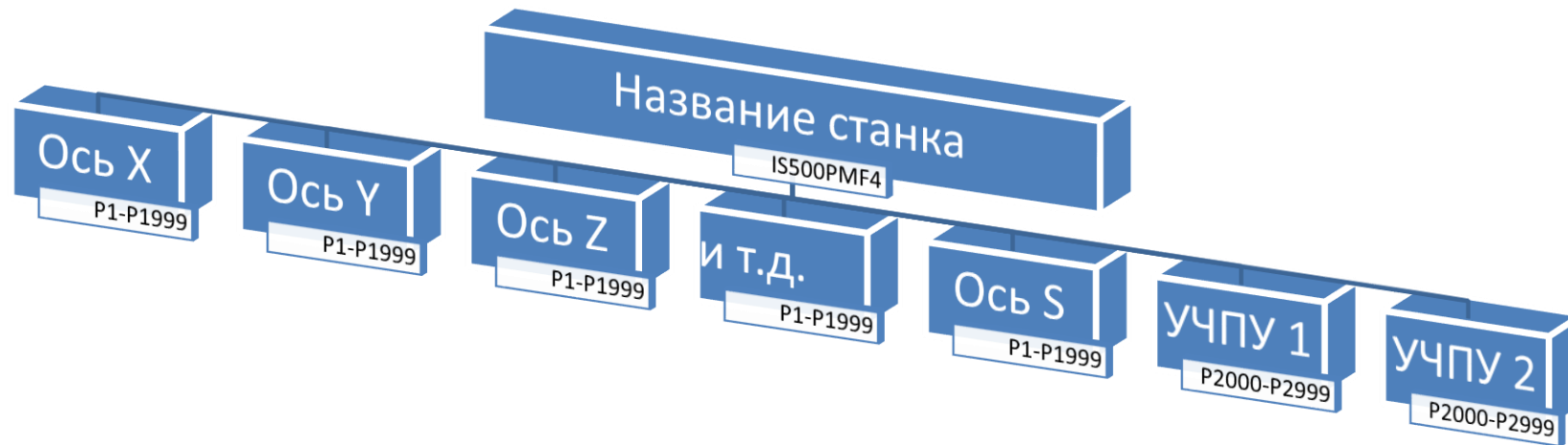
ВНИМАНИЕ! К эксплуатации ЭП допускаются лица, изучившие руководства по эксплуатации РЭ и документы, прилагаемые к устройствам и комплектным изделиям, входящим в состав ЭП



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ! Схемные и программные решения и подбор оборудования, приводимые в данном документе, являются собственностью компании и защищены торговой маркой производителя! Неразрешенные изменения в приведенный ниже текст недопустимы

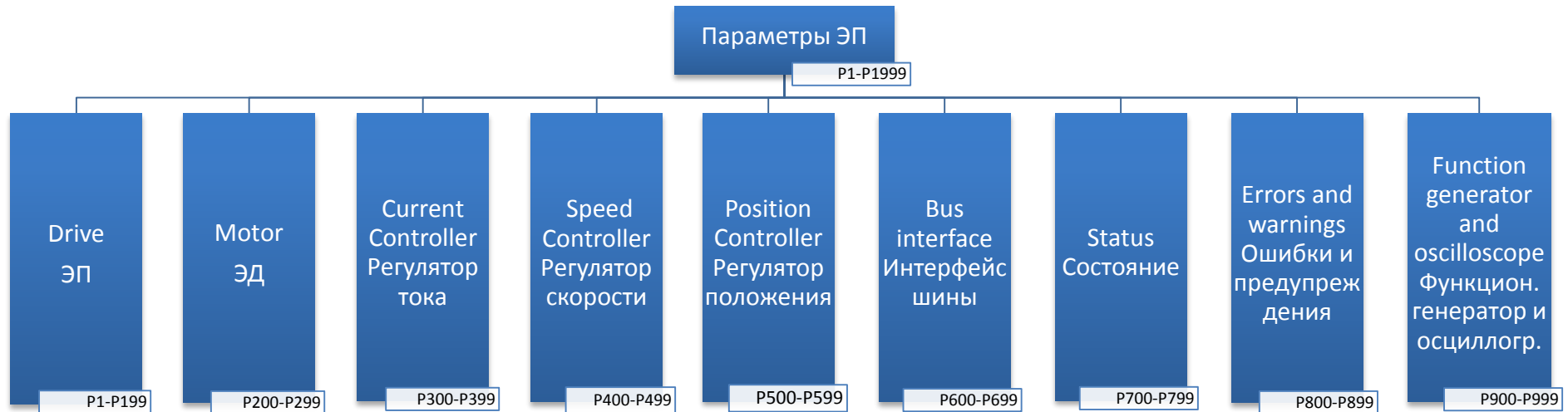
2. Иерархия параметров

2.1 1-й уровень. Уровень шины



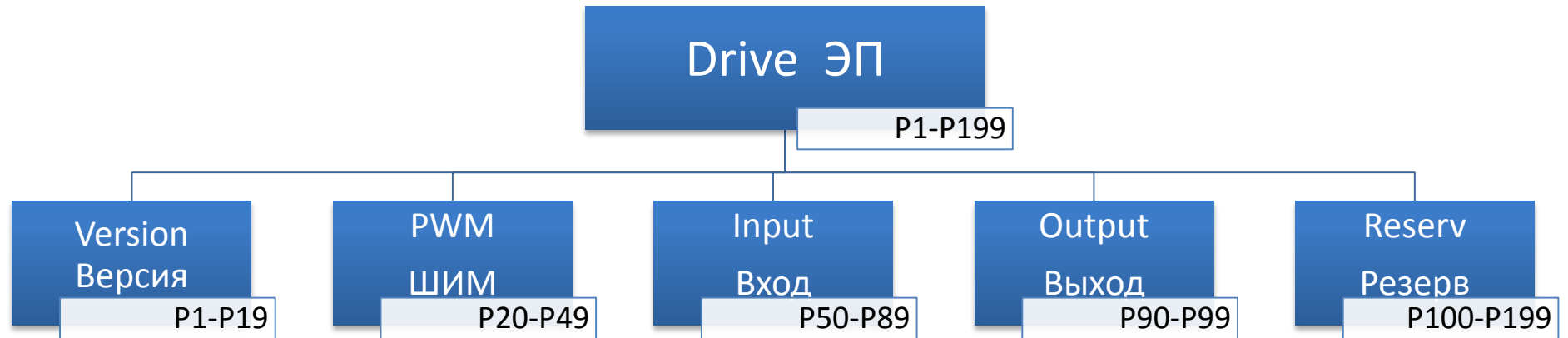
На настоящее время программа BS Servo Monitor связывается только с одним ЭП по каналу RS232-C (USB).

2.2 2-й уровень. Уровень ЭП



- Для каждого ЭП выделяется диапазон параметров P1-P1999
- Для каждой УЧПУ выделяется диапазон параметров P2000-P2999
- Идентификация номеров параметров 2-го уровня, относящихся к разным параметрам 1-го уровня, производится в программе BS Monitor. Например, p200 Motor type(осьX)=48; p200 Motor type(осьY)=36
- Возможно использование нескольких ЭД от одного ЭП. Тогда, 1-й ЭД имеет параметры диапазона p200-p299, 2-й p1200-1299, 3-й p1300-p1400 и т.д.
- первоначально производится разделение на каналы для многоканальные УЧПУ, затем привязка осей УЧПУ к ЭП.

2.3 3-й уровень. Уровень частей ЭП



3. Перечень параметров ЭП

Каждый параметр начинается с таблицы со значениями в колонках.

№ параметра	Символ. имя	Наименование		Активация	Доступ
Тип	Размерность	Минимальное значение	Максимальное значение	Значение по умолчанию	Версия

№ параметра. Номер параметра начинается с буквы "p" и далее число.

Символ. имя. Внутреннее (переменная DSP) символическое имя параметра.

Наименование. Краткое имя параметра, используемое в документации на ЭП.

Активация. Параметр становится активным после процедуры:

- вкл. питания. Запись параметра в RAM и EEPROM при снятом разрешении привода, выключение привода и повторное включение. Или запись параметра в RAM и EEPROM при снятом разрешении привода, сброс привода из меню программы ServoMonitor (RESET) без выключения привода.
- выкл. разреш. Запись параметра в RAM при снятом разрешении привода.
- сразу. Немедленная активация нового значения после записи в RAM.

Внимание! Если параметр был записан только в RAM, то после выключения ЭП и повторном включении, восстанавливается старое значение параметра, записанное в EEPROM.

Доступ. Возможность чтения и редактирования параметра.

Тип. Возможны следующие типы данных (чисел):

- UINT. Натуральные или целые числа без знака. Диапазон от 0 до 65536.
- INT. Целые числа со знаком. Диапазон от -32767 до 32768.
- HEX. Шестнадцатеричная. Диапазон от 0000 до FFFF.

Размерность. Соответствует Международной системе единиц СИ. Здесь же указывается множитель масштаба, из которого можно легко получить единичную дискрету значения, например, значение 0,01A – соответствует дискрете задания 0,01A.

Минимальное значение, Максимальное значение и Значение по умолчанию. Ограничение (пределы) ввода значений параметра и значение параметра, устанавливаемое при первоначальном вводе в эксплуатацию.

Версия. Указывается с какой версии действует или не действует параметр.

3.1 ЭП p1-p199

3.1.1 Версия p1-p19

1	SNH	Серийный номер ЭП		Вкл. питания	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

2	SNL	Серийный номер ЭП		Вкл. питания	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

3	DT	Тип ЭП		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	FFFF	1	

Описание. При следующих значениях определяется тип ЭП:

- 1 – BSD-16
- 2 – BSD-30
- 3 – BSD-08

4	HVER	Версия HW ЭП		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	FFFF		

5	FVER	Версия FW ЭП		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	FFFF		

6	SVER	Версия SW ЭП		Вкл. питания	Чтение
UINT	-	0	FFFF		

3.1.2 Силовая часть ШИМ р20 –р 49

20	ICON	Номинальный ток		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01A	3,5	106	16	

21	IPEK	Максимальный ток		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01A	7	212	28	

22	IFCF	Коэффициент передачи датчика тока		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01A/B	1	300	45,89	

23	BUSMAX	Максимальное напряжение звена постоянного тока		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1B	24	800	780	

24	BUSMIN	Минимальное напряжение звена постоянного тока		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1B	24	500	430	

25	BUSNRM	Номинальное напряжение звена постоянного тока		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1B	24	540	540	

26	IFL	Максимальный ток ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01A	0	70	33,6	

27	IWL	Предупредительный уровень тока ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01A	0	70	30,8	

28	RGON	Напряжение включения разрядного транзистора		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1В	24	750	730	

29	RGOFF	Напряжение отключения разрядного транзистора		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1В	24	680	680	

30	VFCF	Коэффициент передачи звена постоянного тока		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	1	400	336	

31	POHWT	Критическая точка превышения температуры		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01 °C	70	200	125	

32		Контрольная точка превышения температуры		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01 °C	20	80	60	

3.1.3 Вход p50-p89

50	OPMOD	Режим работы		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	1	3	1	2

Описание. Возможны 3 режима работы:

- 0 – регулирование тока (регулятор тока включен, регуляторы скорости и положения отключены)
- 1 – регулирование скорости (регулятор тока и скорости включены, регулятор положения отключен)
- 2 – регулирование положения (регуляторы тока, скорости и положения включены)

51	ENMOD	Режим работы сигнала "Разрешение работы"		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	0	

52	INST	Тип интерфейса входа		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	3	3	

53	PLST	Тип интерфейса входа ЦИП		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	0	

54	PNUM	Числитель ЦИП		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	-	-500	500	1	

55	PDEN	Знаменатель ЦИП		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	1	500	1	

56	ASSCL	Коэффициент передачи аналогового задания по скорости		сразу	Чтение/запись
INT	1 (об/мин) /В	-400	400	1	

57	AISCL	Коэффициент передачи аналогового задания по току		сразу	Чтение/запись
INT	1 А/В	-10	10	1	

58	AIOFF	Смещение аналогового задания		сразу	Чтение/запись
INT	1мВ	-1000	1000	0	

63	MTMOD	Режим работы сигнала "Старт/стоп движения"		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	0	

64	RMVEN	Реакция на снятие сигнала разрешения		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	0	

65	RMENT	Задержка выключения ШИМ		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1 мс	100	1000	260	

71	DIN1	Функция цифрового входа 1		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	1	

72	DIN2	Функция цифрового входа 2		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	2	

73	DIN3	Функция цифрового входа 3		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	11	

74	DIN4	Функция цифрового входа 4		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	4	

75	DIN5	Функция цифрового входа 5		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	5	

76	DIN6	Функция цифрового входа 6		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	9	

77	DIN7	Функция цифрового входа 7		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	10	

78	DIN8	Функция цифрового входа 8		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	7	

79	DIN9	Функция цифрового входа 9		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	6	

80	DIN10	Функция цифрового входа 10		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	0	

81	DIN11	Функция цифрового входа 11		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	0	

В соответствии со значениями в параметрах: от p71 - Функция цифрового входа 1 до p81 - Функция цифрового входа 11, каждому входу можно присвоить свою функцию.

p71-p81 Функция цифрового входа

0	вход не используется
1	HW Разрешение привода
2	Включение привода
3	Старт функционального генератора
4	Ограничение момента (тока)
5	Сброс (стирание) предупреждения
6	Старт движения в исходную точку
7	Нулевой упор
8	Запрет движения

9	Упор конечного ограничения –
10	Упор конечного ограничения +
11	Аварийный стоп
12	
13	
14	
15	

82	DIN12	датчик КТУ в ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	12	

83	DINLEV	Инверсия цифровых входов		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	0FFF	0000	

Описание. С помощью изменения бита в параметре можно изменить логику работы уровня сигнала цифровых входов:

- 0 – активно состояние высокого уровня,
- 1 - активно состояние низкого уровня.

3.1.4 Выход р90-р99

90	DOUT1	Функция цифрового выхода 1		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	8	

91	DOUT2	Функция цифрового выхода 2		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	2	

92	DOUT3	Функция цифрового выхода 3		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	4	

93	DOUT4	Функция цифрового выхода 4		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	16	

94	DOUT5	Функция цифрового выхода 5		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	3	

В соответствии со значениями в параметрах: от р91 - Функция цифрового выхода 1 до р94 - Функция цифрового выхода 5, каждому выходу можно присвоить свою функцию.

р91-р95

Функция цифрового выхода

1	Разрешение подано
2	Ошибка привода
3	Предупреждение привода
4	Фактическая скорость ЭД равна 0
5	Ось в позиции
6	Привод в движении
7	Инициализация выполнена
8	Готовность привода
9	Системная команда выполняется
10	Режим внешней команды
11	Запись данных осциллографа
12	Передача данных осциллографа
13	Заряд звена постоянного тока выполнен
14	Нулевая метка найдена
15	Ограничение тока достигнуто
16	Скорость равна заданной

96	AOUT1	Функция аналогового выхода 1		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	3	

97	AOUT2	Функция аналогового выхода 2		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	16	8	

В соответствии со значениями в параметрах р96 – Функция аналогового выхода 1 и р97 - Функция аналогового выхода 2, каждому выходу можно присвоить свою функцию.

р96 и р97

Функция аналогового выхода

0	выход не используется
1	Актуальное значение тока фазы Iu (Iu act)
2	Актуальное значение тока фазы Iw (Iw act)
3	Актуальное значение тока Iq (Iq act)
4	Актуальное значение тока Id (Id act)
5	Заданное значение тока после фильтра (IsetAF)
6	Напряжение в звене постоянного тока (Vdc)
7	Заданное значение скорости (NsetPI)
8	Актуальное значение скорости после фильтра (NactAF)
9	
10	
11	

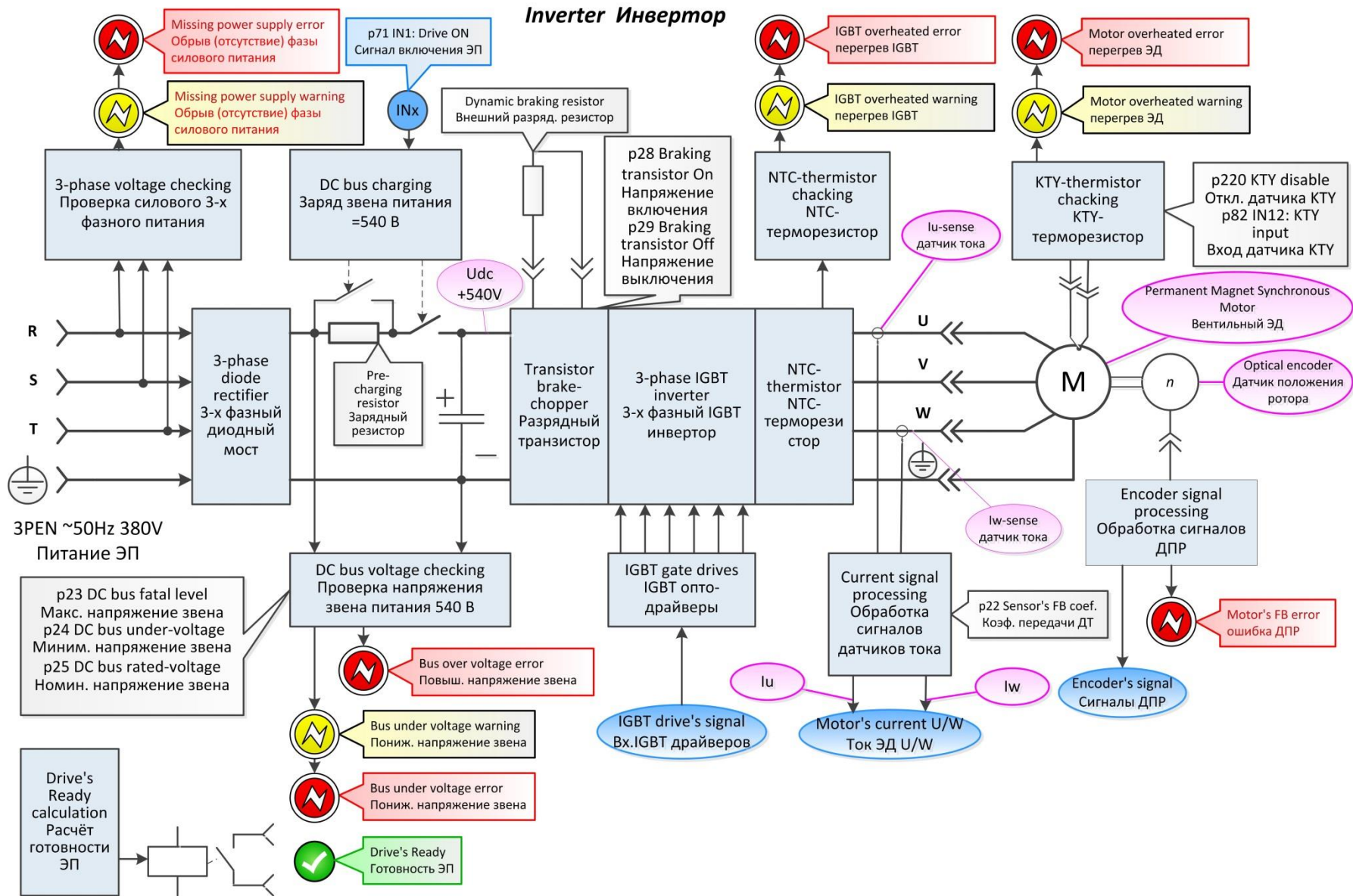
12	
13	
14	
15	

98	AO1SCL	Коэффициент передачи аналогового выхода 1		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,1	1	50	10	

99	AO2SCL	Коэффициент передачи аналогового выхода 2		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1,1	1	50	10	

С помощью параметров r98 и r99 Коэффициент передачи аналогового выхода можно для каждого параметра изменить масштаб выходного уровня сигнала.

Ниже приведена функциональная блок-схема силовой части ЭП.



3.2 ЭД p200-p299

200	MT	Тип ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	1	9999	15	

201	MRP	Номинальная мощность ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,001 кВт	0,1	15	4,7	

202	MRT	Номинальный момент ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01 Нм	1	100	22,4	

203	MRI	Номинальный ток ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01А	2	30	8,9	

204	MRV	Номинальная скорость ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1 об/мин	1200	4500	2000	

205	MPP	Максимальная мощность ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,001 кВт	0,1	60	10	

206	MPT	Максимальный момент ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01 Нм	1	200	100	

207	MPI	Максимальный ток ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01А	10	150	43,5	

208	MPV	Максимальная скорость ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1 об/мин	1200	6000	2600	

209	MOT	Нулевой момент ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01 Нм	0,1	100	28	

210	MOI	Нулевой ток ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01А	2	40	11,1	

211	MI	Момент инерции ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	10^{-4} кгм ²	0,005	0,06	0,0089	

212	MTC	Постоянная момента ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,01Нм/А	1	5	2,52	

213	EMFC	Постоянная ЭДС ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0,1В/(1000об/мин)	1,5	30	154	

214	NPP	Количество пар полюсов ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	2	48	3	

215	MFT	Тип Датчика Положения Ротора – ДПР		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	0	2	0	

216	ENCR	Разрешение фото-импульсного ДПР		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	4*Имп	4000	60000	12000	

217	RESR	Разрешение индуктивного ДПР		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1бит	12	16	16	

218	RPP	Количество пар полюсов индуктивного ДПР		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	-	1	4	1	

219	OVL	Сверхскорость ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1об/мин	0	36000	3900	

220	KTYDS	Отключение контроля датчика температуры в ЭД		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	0	0	1	0	

221	EZO	Смещение Z-сигнала ДПР		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1 град	0	359	0	

222	HUO	Смещение U-сигнала ДПР		Вкл. питания	Чтение/запись
UINT	1 град	0	359	0	

3.3 Регулятор тока р300-р399

300	ICONL	Ограничение длительной команды тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	0,01A	1	100	11,1	

301	IPEKL	Ограничение максимальной команды тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	0,01A	1	200	28	

302	IPEKD	Время ограничения максимальной команды тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1с	1	10	5	

303	IPEKC	Время снижения максимальной команды тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1%	5	20	10	

304	KCP	Пропорциональная составляющая регулятора		сразу	Чтение/запись
UINT	1В/А	10	600	12	

305	TCl	Интегральная составляющая регулятора		сразу	Чтение/запись
UINT	1мс	0	FFFF	5	

307	IREDEN	Разрешение режима ограничения тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	0	

308	IREDLV	Величина ограничения тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1%	10	100	50	

Задается в процентах от параметра р301 Ограничение максимальной команды тока.

309	I2TL	Контроль I2t ЭД, значение тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	0,01A	1	70	11,1	

Рассчитывается, если значение $\sqrt{Iq^2 + Id^2} \geq p300$.

310	I2TT	Контроль I2t ЭД, значение времени		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1с	1	60	15	

Значение тока в параметре р309 рассчитывается каждые 100 мс, т.е. производится фильтрация на 10Гц.

311	ISRFT	Порядок фильтра сглаживания команды тока		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	32	1	

- 0 – выключен,
- 1 - фильтр 3-го порядка,
- 2...31 – порядок фильтра (дискретность 0,125мсек)

320	F1TYPE	1-й Токовый фильтр – Тип		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	4	0	

- 0 – выключен,
- 1 - Фильтр Низкой Частоты (ФНЧ),
- 2 - Полосно-задерживающий Фильтр (ПЗФ),
- 3 - Эквалайзерный Фильтр завал АЧХ (ЭФЗ),
- 4 - Эквалайзерный Фильтр подъем АЧХ (ЭФП)

321	F1FRE	1-й Токовый фильтр – Частота		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1Гц	1	2000	250	

322	F1QUA	1-й Токовый фильтр – Добротность		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	0,01	0	100	1	

323	F1GL	1-й Токовый фильтр - Коэффициент усиления		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,01дБ	-60	60	0	

325	F1NUM0	1-й Токовый фильтр b0-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	1	

326	F1NUM1	1-й Токовый фильтр b1-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	0	

327	F1NUM2	1-й Токовый фильтр b2-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	0	

328	F1DEN1	1-й Токовый фильтр a1-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	0	

329	F1DEN2	1-й Токовый фильтр a2-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
-----	--------	------------------------------	--	--------------	---------------

INT	0,001	-8	8	0	
-----	-------	----	---	---	--

330	F2TYPE	2-й Токовый фильтр – Тип		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	4	0	

Аналогично параметру р320.

331	F2FRE	2-й Токовый фильтр – Частота		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1Гц	1	2000	250	

332	F2QUA	2-й Токовый фильтр – Добротность		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	0,01	0	100	1	

333	F2GL	2-й Токовый фильтр - Коэффициент усиления		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,01дБ	-60	60	0	

335	F2NUM0	2-й Токовый фильтр b0-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	1	

336	F2NUM1	2-й Токовый фильтр b1-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	0	

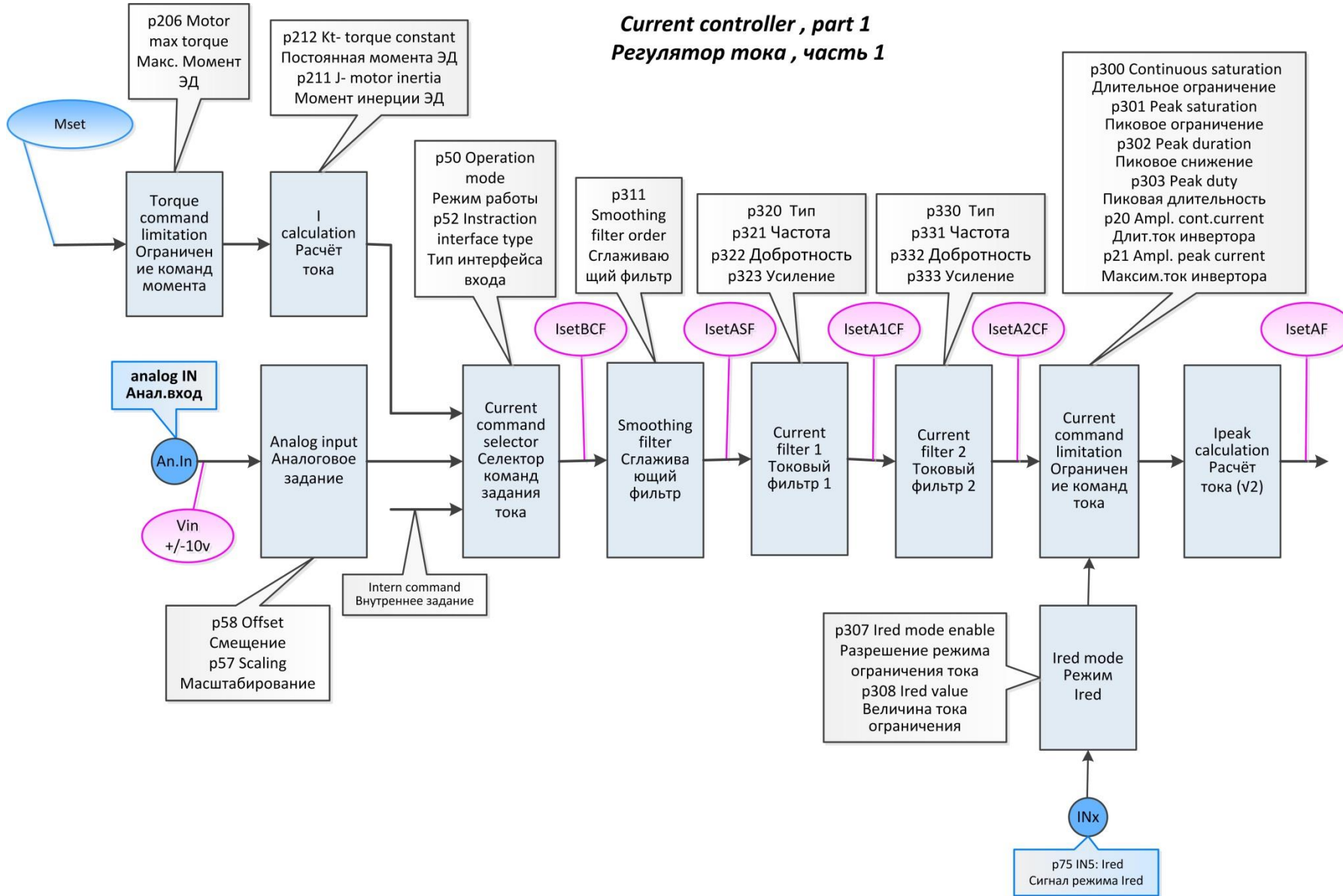
337	F2NUM2	2-й Токовый фильтр b2-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	0	

338	F2DEN1	2-й Токовый фильтр a1-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	0	

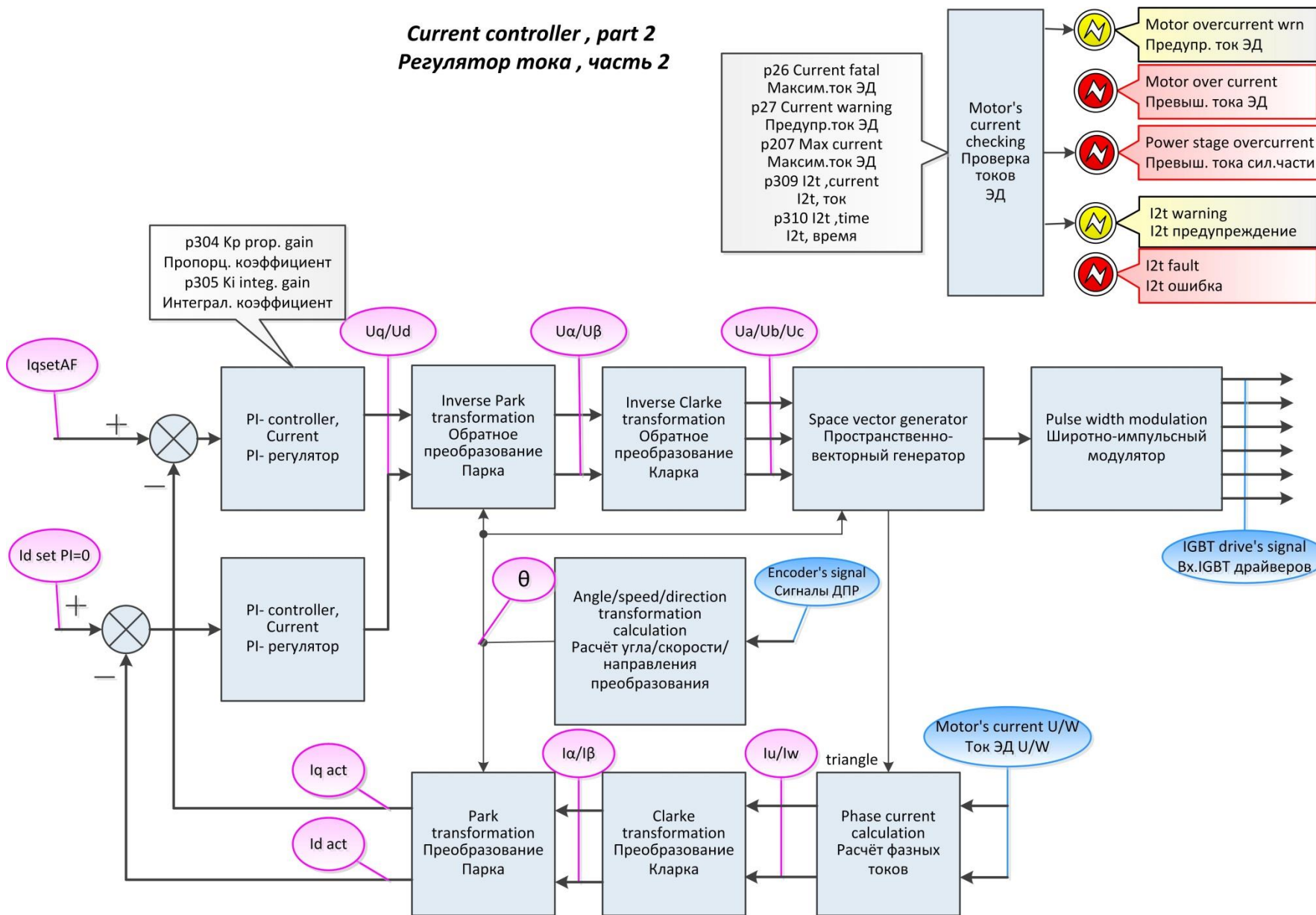
339	F2DEN2	2-й Токовый фильтр a2-коэфф.		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	0,001	-8	8	0	

Ниже приведена функциональная блок-схема регулятора тока.

Current controller , part 1
Регулятор тока , часть 1



Current controller , part 2
Регулятор тока , часть 2



3.4 Регулятор скорости р400-р499

400	VILP	Ограничение положительной команды скорости		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1 об/мин	300	30000	2600	

401	VILN	Ограничение отрицательной команды скорости		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1 об/мин	300	30000	2600	

402	ACC	Слоп ускорения		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1мс	0	10000	0	

403	DEC	Слоп замедления		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1мс	0	10000	0	

404	KVP	Пропорциональная составляющая регулятора		сразу	Чтение/запись
UINT	1/с	0	FFFF	300	

405	TVI	Интегральная составляющая регулятора		сразу	Чтение/запись
UINT	1мс	0	FFFF	10	

406	KVFR	Псевдодифференциальная составляющая регулятора		сразу	Чтение/запись
UINT	1%	0	100	100	

407	VRSFT	Порядок фильтра сглаживания заданной команды скорости		сразу	Чтение/запись
UINT	-	0	32	1	

Аналогично параметру р311. Дискретность 0,5мсек.

408	RCHVL	Зона скорости равной заданной		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	%	1	50	10	

409	RCHVT	Задержка сигнала скорости равной заданной		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1мс	2	60000	10	

410	VELO	Зона скорости равной 0		выкл. разреш	Чтение/запись
-----	------	------------------------	--	--------------	---------------

UINT	1 об/мин	0	100	20	
------	----------	---	-----	----	--

411	VELOT	Задержка сигнала скорости равной 0		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1мс	2	60000	10	

412	EMDEC	Время аварийного торможения		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1мс	10	3000	200	

413	VPWM	Уровень скорости прекращения ШИМ при аварийном торможении		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1 об/мин	1	100	10	

414	VFLEN	Разрешение работы фильтра обратной связи по скорости		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	1	

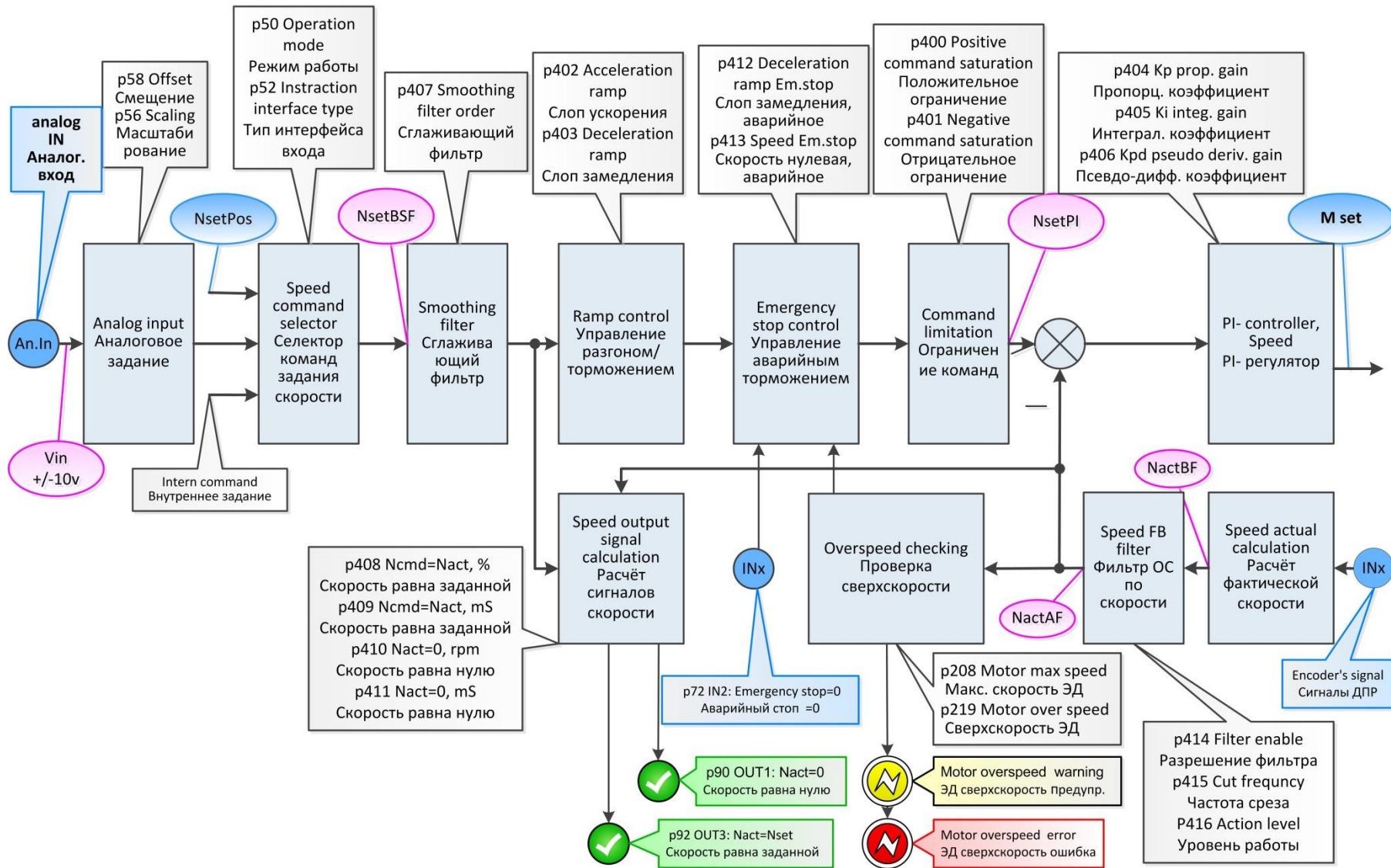
0 –запрещено 1 – разрешено

415	VFLFEQ	Частота среза фильтра обратной связи по скорости		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1Гц	50	1000	100	

416	VFLLEQ	Уровень фильтра обратной связи по скорости		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1 об/мин	10	3000	40	

Ниже приведена функциональная блок-схема регулятора скорости.

Speed controller Регулятор скорости



3.5 Регулятор положения р500-р599

500	PILP	Ограничение положительной команды положения		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1имп/мс	1	2000	480	

501	PILN	Ограничение отрицательной команды положения		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1имп/мс	1	2000	480	

502	KPP	Пропорциональная составляющая регулятора		сразу	Чтение/запись
UINT	1/с	1	1000	30	

503	TPI	Интегральная составляющая регулятора		сразу	Чтение/запись
UINT	1мс	0	FFFF	0	

504	KVF	Коэффициент предупреждения		сразу	Чтение/запись
UINT	%	0	200	100	

505	PRSFT	Порядок фильтра сглаживания заданной команды положения		сразу	Чтение/запись
UINT	-	0	32	0	

Аналогично параметру р311. Дискретность 1мсек.

506	PEINP	Зона в позиции		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1имп	0	10000	10	

507	INPT	Задержка в позиции		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1мс	2	60000	10	

508	HMDIR	Направление выезда в исходную позицию		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	0	

509	HMEDG	Активный фронт нулевого упора		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	-	0	1	0	

510	HMV1	Скорость наезда на нулевой упор		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	1имп/мс	-2000	2000	100	

511	HMV2	Скорость поиска нулевой метки ДПР		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	1имп/мс	-100	100	100	

512	HMOFF	Смещение нулевой точки		выкл. разреш	Чтение/запись
INT	1имп	-30000	30000	0	

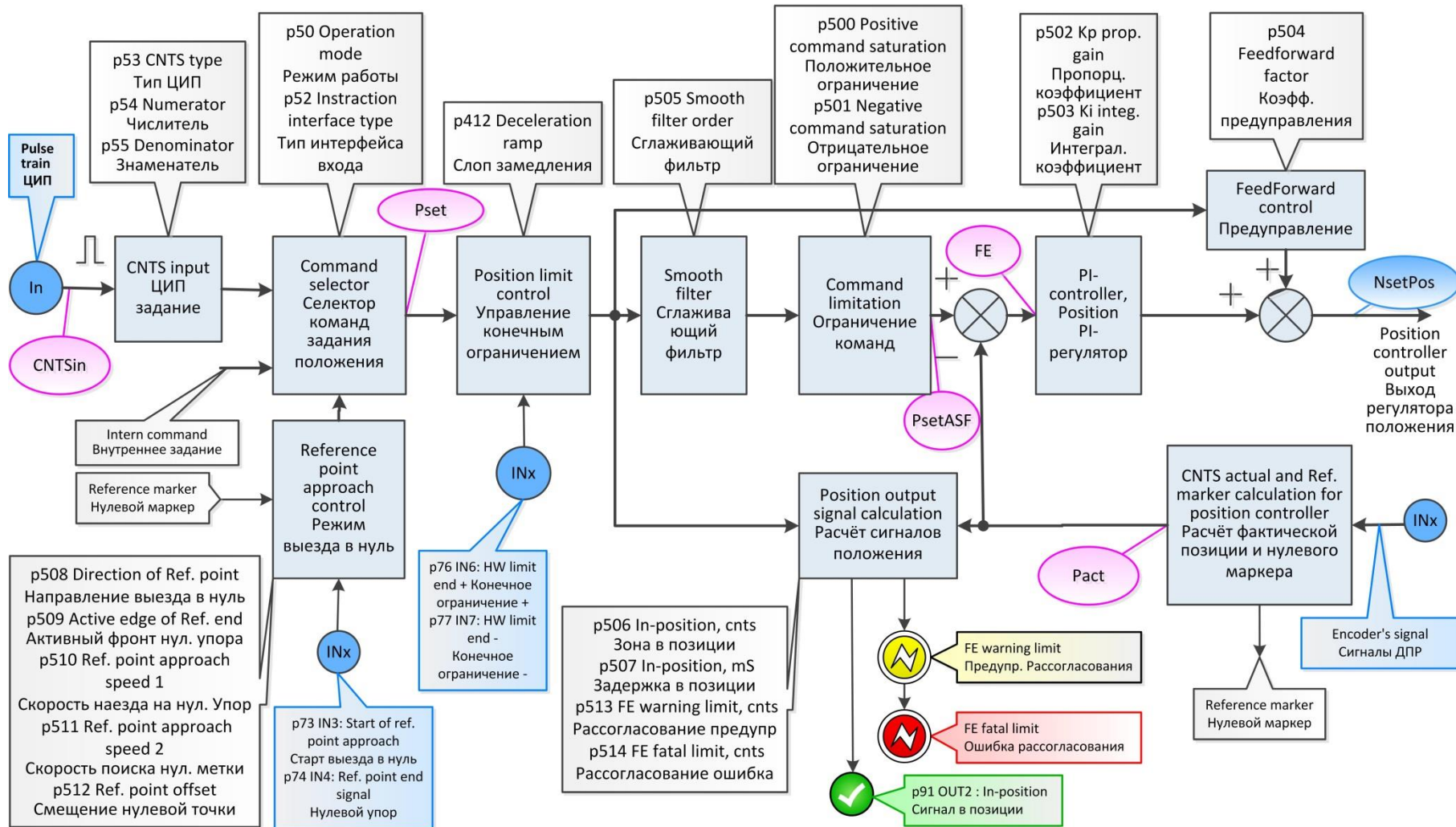
513	FEWL	Предупредительный предел рассогласования		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1имп	0	60000	19200	

514	FEFL	Максимальный предел рассогласования		выкл. разреш	Чтение/запись
UINT	1имп	0	60000	23040	

515	RPAACC	Слоп наезда на нулевой упор		сразу	Чтение/запись
UINT	1мс	0	1000	200	

Ниже приведена функциональная блок-схема регулятора положения.

Position controller Регулятор положения



4. Интерфейс шины (Bus interface) p600-p699

В стадии разработки.

5. Состояния ЭП p700-p799

Используются в программе BS-Monitor.

5.1 Состояние ЭП

700	STA	Состояние ЭП		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

В программе BS-Monitor производится периодический опрос слова состояния ЭП параметр p700.

Каждый бит в параметре соответствует таблице со значениями в колонках.

№ бита	Символ. имя	Состояние ЭП	Активация	Доступ	Версия
700.0	SVEN	Разрешение привода	сразу	Чтение	
700.1	SVFLT	Ошибка привода	сразу	Чтение	
700.2	SVWRN	Предупреждения привода	сразу	Чтение	
700.3	MSTA	Фактическая скорость ЭД равна 0	сразу	Чтение	
700.4	INPOS	Ось в позиции	сразу	Чтение	
700.5	MIES	Привод в движении	сразу	Чтение	
700.6	INITOK	Инициализация выполнена	сразу	Чтение	
700.7	SVDRY	Готовность привода	сразу	Чтение	
700.8	SCES	Системная команда выполняется	сразу	Чтение	
700.9	MIIT	Режим внешней команды	сразу	Чтение	
700.10	RDSTA	Запись данных осциллографа	сразу	Чтение	
700.11	TFSTA	Передача данных осциллографа	сразу	Чтение	
700.12	BREAK	Включение тормоза ЭД	сразу	Чтение	
700.13	RPAF	Выезд в ноль совершен	сразу	Чтение	
700.14	ISATU	Ограничение тока достигнуто	сразу	Чтение	
700.15	RCHV	Скорость равна заданной	сразу	Чтение	

5.2 Состояние входов ЭП

701	APPSGN	Состояние входов ЭП		сразу	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

В программе BS-Monitor производится периодический опрос слова состояния входов ЭП параметр p701.

№ бита	Символ. имя	Состояние входов ЭП	Активация	Доступ	Версия
701.0	HWEN	HW Разрешение привода	сразу	Чтение	
701.1	PWRON	Включение привода	сразу	Чтение	
701.2	MOVON	Привод в движении	сразу	Чтение	
701.3	MRED	Ограничение момента	сразу	Чтение	
701.4	CLRWRN	Стирание предупреждений	сразу	Чтение	
701.5	HMON	Старт движения в исходную точку	сразу	Чтение	
701.6	HMREF	Нулевой упор	сразу	Чтение	
701.7	MVOFF	Запрет движения	сразу	Чтение	
701.8	NPLS	Конечное ограничения -	сразу	Чтение	
701.9	PPLS	Конечное ограничения +	сразу	Чтение	
701.10	EMSS	Аварийный стоп	сразу	Чтение	
701.11	RVAN	Инвертирование аналогового входного задания	сразу	Чтение	
701.12			сразу	Чтение	
701.13			сразу	Чтение	
701.14			сразу	Чтение	
701.15			сразу	Чтение	

5.3 Состояние цифровых входов ЭП

702	DINSTA	Состояние цифровых входов ЭП		сразу	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

В программе BS-Monitor производится периодический опрос слова состояния цифровых входов ЭП параметр р702.

№ бита	Символ. имя	Состояние цифровых входов ЭП	Активация	Доступ	Версия
702.0	DIN0	Цифровой вход 1	сразу	Чтение	
702.1	DIN1	Цифровой вход 2	сразу	Чтение	
702.2	DIN2	Цифровой вход 3	сразу	Чтение	
702.3	DIN3	Цифровой вход 4	сразу	Чтение	
702.4	DIN4	Цифровой вход 5	сразу	Чтение	
702.5	DIN5	Цифровой вход 6	сразу	Чтение	
702.6	DIN6	Цифровой вход 7	сразу	Чтение	
702.7	DIN7	Цифровой вход 8	сразу	Чтение	
702.8	DIN8	Цифровой вход 9	сразу	Чтение	
702.9	DIN9	Цифровой вход 10	сразу	Чтение	
702.10	DIN10	Цифровой вход 11	сразу	Чтение	
702.11	DIN11	Цифровой вход 12	сразу	Чтение	

702.12	DIN12	сразу	Чтение
702.13	DIN13	сразу	Чтение
702.14	DIN14	сразу	Чтение
702.15	DIN15	сразу	Чтение

В соответствии со значениями в параметрах: от р71 - Функция цифрового входа 1 до р82 - Функция цифрового входа 12, каждому входу можно присвоить свою функцию по таблице гл.3.1.3.

5.4 Монитор

В программе BS-Monitor можно запустить (и остановить) режим монитор, при котором производится опрос состояния ЭП:

751	IACT	Актуальное значение полного тока ЭД		сразу	Чтение
INT	0,01A	-300	300	0	

752	TSET	Заданное значение момента (Mset)		сразу	Чтение
INT	0,01Нм	-300	300	0	

753	TACT	Фактическое значение момента (Mact)		сразу	Чтение
INT	0,01Нм	-300	300	0	

754	ISET	Заданное значение тока(Iset)		сразу	Чтение
UINT	0,01A	0	FFFF	0	

755	PRREV	Абсолютное значение заданного положения (Pset)		сразу	Чтение
INT	1об	-30000	30000	0	

756	PRCTS	Абсолютное значение заданного положения (Pset)		сразу	Чтение
UINT	1имп	0	FFFF	0	

757	PFREV	Абсолютная позиция обратной связи в оборотах (Pact)		сразу	Чтение
INT	1об	-30000	30000	0	

758	PFCTS	Абсолютная позиция обратной связи в импульсах (Pact)		сразу	Чтение
UINT	1имп	0	FFFF	0	

759	PINFRQ	Заданное значение на входе ЦИП		сразу	Чтение
INT	1кГц	-30000	30000	0	

760	AINVOL	Заданное значение напряжения на аналоговом входе (Vin)		сразу	Чтение
INT	мВ	-12500	12500	0	

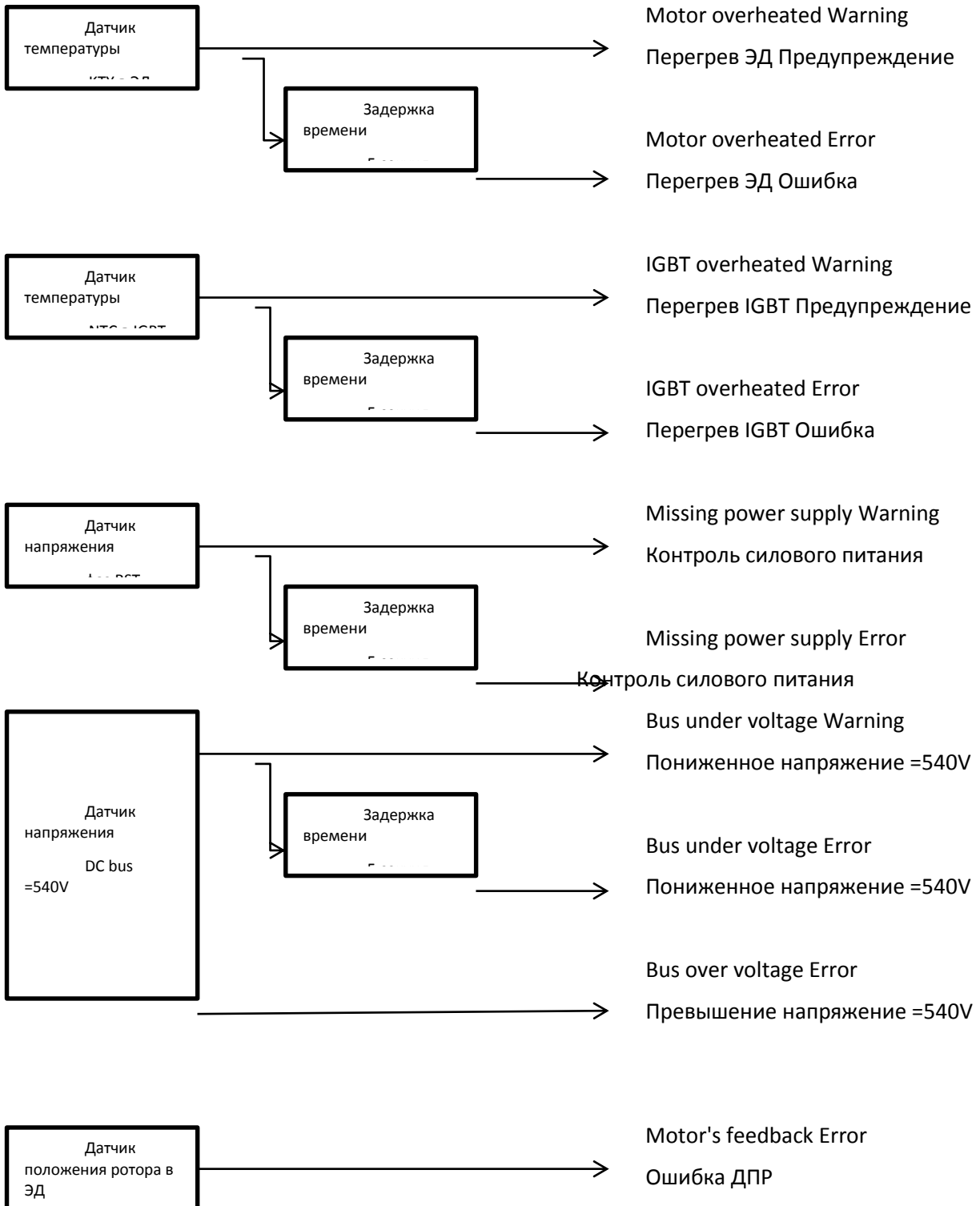
761	PERR	Рассогласование по положению (FE)		сразу	Чтение
INT	1имп	-30000	30000	0	

762	VSET	Заданное значение на регуляторе скорости (NsetPI)		сразу	Чтение
INT	0,1об/мин	-30000	30000	0	

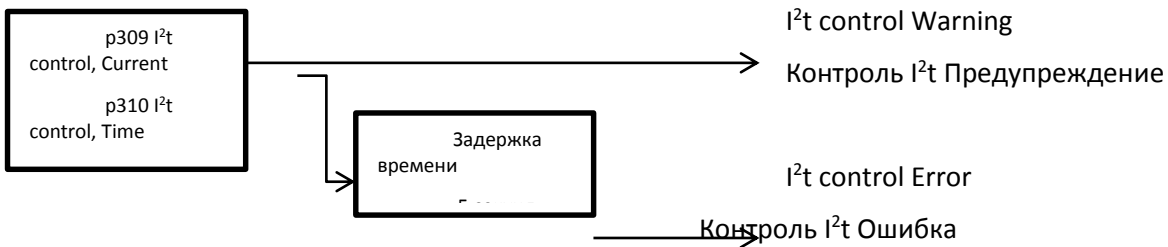
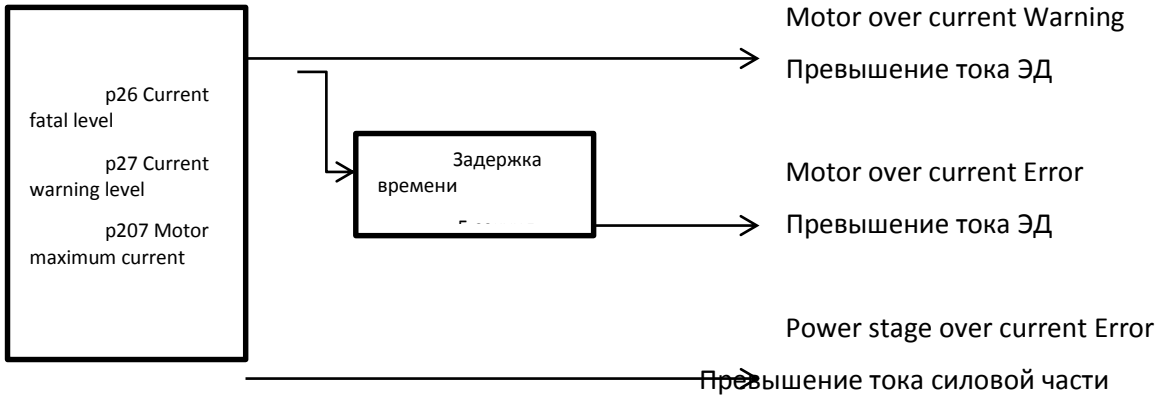
763	VACT	Актуальное значение скорости после сглаживающего фильтром (NactAF)		сразу	Чтение
INT	0,1об/мин	-30000	30000	0	

6. Ошибки и предупреждения р800-р899

6.1 Контроль датчиков



6.2 Контроль токов



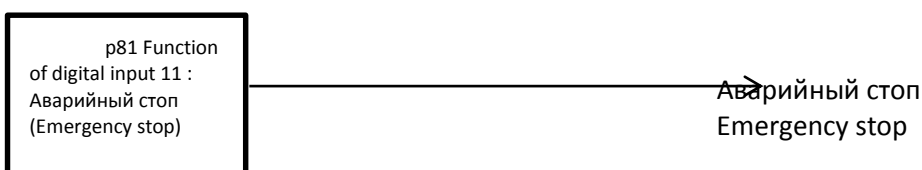
6.3 Контроль скорости



6.4 Контроль позиции



6.5 Контроль аварийного останова



6.6 Перечень ошибок р800-р849

800	ERR	Ошибки ЭП		сразу	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

В программе BS-Monitor производится периодический опрос слова ошибок ЭП параметр р800.

№ бита	Символ. имя	Ошибки ЭП	Активация	Доступ	Версия
800.0	MOCE	Превышение тока ЭД	сразу	Чтение	
800.1	MOSE	Превышение скорости ЭД	сразу	Чтение	
800.2	ERR2		сразу	Чтение	
800.3	FERR	Превышение рассогласования	сразу	Чтение	
800.4	I2T	Контроль I2t	сразу	Чтение	
800.5	IPHE	Ошибка HW (APXERR состояние)	сразу	Чтение	
800.6	CPVE	Неправильная конфигурация параметров	сразу	Чтение	
800.7	MOHE	Перегрев ЭД	сразу	Чтение	
800.8	POHE	Перегрев IGBT	сразу	Чтение	
800.9	MPSP	Обрыв (отсутствие) фазы силового питания ЭП	сразу	Чтение	
800.10	PSCF	Превышение тока ЭП	сразу	Чтение	
800.11	FBER	Ошибка ДПП	сразу	Чтение	
800.12	ERR3		сразу	Чтение	
800.13	ERR4		сразу	Чтение	
800.14	MBVH	Напряжение выше 540В	сразу	Чтение	
800.15	MBVL	Напряжение ниже 540В	сразу	Чтение	

801	APXERR	Дополнительные ошибки ЭП		сразу	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

При возникновении ошибки " Ошибка HW (APXERR состояние)" в дополнительном слове ошибок ЭП параметр р801 отображаются следующие сообщения.

801	APXERR	Дополнительные ошибки ЭП	сразу	Чтение
801.0	-	Ошибка инициализации внешнего (для DSP) АЦП	сразу	Чтение
801.1	-	Ошибка Watch-dog	сразу	Чтение
801.2	-	Ошибка доступа к EEPROM	сразу	Чтение
801.3	-	Ошибка инициализации внутреннего (для DSP) АЦП	сразу	Чтение
801.4	-	Ошибка прерывания	сразу	Чтение
801.5	-	Превышение ограничения команды по положению	сразу	Чтение

801.6	-	Фактическое превышение ограничения по положению	сразу	Чтение
801.7	-	Превышение рассогласования	сразу	Чтение
801.8	-	Перегрузка процессора	сразу	Чтение
801.9	-	Неправильная версия HW	сразу	Чтение
801.10	-	Неправильная версия FW	сразу	Чтение
801.11	-	Ошибка run-time внешнего АЦП	сразу	Чтение
801.12			сразу	Чтение
801.13			сразу	Чтение
801.14			сразу	Чтение
801.15			сразу	Чтение

6.7 Перечень предупреждений р850-р899

850	WRN	Предупреждения ЭП		сразу	Чтение
UINT	0	0	FFFF	0	

В программе BS-Monitor производится периодический опрос слова предупреждений ЭП параметр р850.

№ бита	Символ. имя	Предупреждения ЭП	Активация	Доступ	Версия
850.0	МОСW	Предупредительный уровень тока ЭД	сразу	Чтение	
850.1	МОСW	Предупредительный уровень скорости ЭД	сразу	Чтение	
850.2	EMSP	Аварийный стоп	сразу	Чтение	
850.3	FEWN	Превышение рассогласования	сразу	Чтение	
850.4	I2T	Предупреждение I2t	сразу	Чтение	
850.5	WRN5		сразу	Чтение	
850.6	WRN6		сразу	Чтение	
850.7	МОНW	Перегрев ЭД	сразу	Чтение	
850.8	РОНW	Перегрев IGBT	сразу	Чтение	
850.9	MPWN	Обрыв (отсутствие) фазы силового питания ЭП	сразу	Чтение	
850.10	WRN10		сразу	Чтение	
850.11	WRN11		сразу	Чтение	
850.12	NHPL	Конечное ограничения -	сразу	Чтение	
850.13	PHPL	Конечное ограничения +	сразу	Чтение	
850.14	WRN14		сразу	Чтение	
850.15	UDVW	Напряжение ниже 540В	сразу	Чтение	

р50 Режим работы ЭП = 1 - Ток =2 - Скорость =3 - Положение

р907=0	0,01А	об/мин	имп/мс
р907=1	0,01А	об/мин	имп/с

908	ИР3U	Размерность периода		Выкл. разреш	Чтение/запись
UINT		0	2	0	

в соответствии с нижеприведенной таблицей, где р50 Режим работы ЭП

р50 Режим работы ЭП = 1 - Ток =2 - Скорость =3 - Положение

р908=0	мс	мс	мс
р908=1	мс	мс	с

909	ИР4U	Размерность длительности импульса		Выкл. разреш	Чтение/запись
UINT		0	2	0	

в соответствии с нижеприведенной таблицей, где р50 Режим работы ЭП

р50 Режим работы ЭП = 1 - Ток =2 - Скорость =3 - Положение

р909=0	мс	мс	мс
р909=1	мс	мс	с

INT	-	-30000	30000	0	
-----	---	--------	-------	---	--

939	TRGPOS	Количество запомненных данных перед срабатыванием триггера (запомин)		сразу	Чтение/запись
UINT	-	0	2047	1024	

940	OSCTRG	Действительная позиция срабатывания триггера (запомин)		сразу	Чтение
UINT	-	0	2047	1024	

7.3 Измерительные сигналы р950-р999

Наименование сигналов – см. блок-схемы инвертора и регуляторов тока, скорости и положения.

951	REC_BVOL	Напряжение на звене постоянного тока (Vdc)		сразу	Чтение
UINT	1B	0	FFFF	0	

952	REC_IQREF	Заданное значение на входе регулятора тока после интерполирующего фильтра (IqsetAF)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

953	REC_IQACT	Актуальное значение тока Iq (Iqact)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

954	REC_IDACT	Актуальное значение тока Id (Idact)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

955	REC_IUACT	Актуальное значение тока фазы Iu (Iuact)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

956	REC_IWACT	Актуальное значение тока фазы Iw (Iwact)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

957	REC_VSET	Заданное значение на регуляторе скорости (NsetPI)		сразу	Чтение
INT	0,1об/мин	0	FFFF	0	

958	REC_VACT	Актуальное значение скорости после сглаживающего фильтром (NactAF)		сразу	Чтение
INT	0,1об/мин	0	FFFF	0	

959	REC_VLOUT	Выходное значение регулятора скорости (Mset)		сразу	Чтение
INT	0,01Нм	0	FFFF	0	

960	REC_PRINC	Заданное значение на регуляторе положения (Pset)		сразу	Чтение
INT	1имп/мс	0	FFFF	0	

961	REC_PFINC	Актуальное значение положения (Pact)		сразу	Чтение
INT	1имп/мс	0	FFFF	0	

962	REC_PERR	Рассогласование по положению (FE)		сразу	Чтение
INT	1имп	0	FFFF	0	

963	REC_PLOUT	Выходное значение регулятора положения (NsetPos)		сразу	Чтение
INT	1об/мин	0	FFFF	0	

964	REC_UQSET	Заданное значение напряжения Uq (Uq)		сразу	Чтение
INT	1В	0	FFFF	0	

965	REC_UDSET	Заданное значение напряжения Ud (Ud)		сразу	Чтение
INT	1В	0	FFFF	0	

966	REC_AINVOL	Заданное значение напряжения на аналоговом входе (Vin)		сразу	Чтение
INT	0,001В	0	FFFF	0	

967	REC_THETA	Фактическое значение электрического угла ротора (Θ)		сразу	Чтение
UINT	0.1°	0	FFFF	0	

968	REC_VFBF	Актуальное значение скорости перед сглаживающим фильтром (NactBF)		сразу	Чтение
INT	0,1об/мин	0	FFFF	0	

969	REC_ITTL	Актуальное значение полного тока ЭД (Iact)		сразу	Чтение
INT	0,01А	0	FFFF	0	

970	REC_UASET	Заданное значение напряжения фазы U (Uuset)		сразу	Чтение
INT	1В	0	FFFF	0	

971	REC_UBSET	Заданное значение напряжения фазы V (Uvset)		сразу	Чтение
-----	-----------	---	--	-------	--------

INT	1B	0	FFFF	0	
-----	----	---	------	---	--

972	REC_UCSET	Заданное значение напряжения фазы W (Uwset)		сразу	Чтение
INT	1B	0	FFFF	0	

973	REC_NTCT	Температура IGBT модуля (NTC)		сразу	Чтение
UINT	0,01°C	0	FFFF	0	

974	REC_IRORG	Заданное значение тока перед токовыми фильтрами (IsetBCF)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

975	REC_IRASF	Заданное значение тока после сглаживающего фильтра (IsetASF)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

976	REC_IRAF1	Заданное значение тока после 1-го токового фильтра (IsetA1CF)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

977	REC_IRAF2	Заданное значение тока после 2-го токового фильтра (IsetA2CF)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

978	REC_VRORG	Заданное значение скорости перед сглаживающим фильтром (NsetBSF)		сразу	Чтение
INT	0,1об/мин	0	FFFF	0	

979	REC_PRAF	Заданное значение положения после сглаживающего фильтра (PsetASF)		сразу	Чтение
INT	1имп/мс	0	FFFF	0	

980	REC_EXCT0	Task 0 execution time (EXCT0)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

981	REC_EXCT1	Task 1 execution time (EXCT1)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

982	REC_EXCT2	Task 2 execution time (EXCT2)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

983	REC_EXCT3	Task 3 execution time (EXCT3)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

984	REC_EXCT4	Task 4 execution time (EXCT4)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

985	REC_EXCT5	Task 5 execution time (EXCT5)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

986	REC_EXCT6	Task 06 execution time (EXCT6)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

987	REC_EXCT7	Task 7 execution time (EXCT7)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

988	REC_IDISTURB	Возмущающий ток (IDISTURB)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

989	REC_DACHA	ЦАП канал А выходной код (DACHA)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

990	REC_DACHB	ЦАП канал В выходной код (DACHB)		сразу	Чтение
UINT		0	FFFF	0	

991	REC_ACTPWR	Выходная мощность (PWout)		сразу	Чтение
UINT	0,001кВА	0	FFFF	0	

992	REC_ACTIAF	Актуальный полный ток после фильтра (IactAF)		сразу	Чтение
INT	0,01A	0	FFFF	0	

1015	REC_STA	Состояние ЭП (STA)		сразу	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

1016	REC_APXSTA	Дополнительные сигналы состояния ЭП (APXSTA)		сразу	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

Дополнительные сигналы состояния ЭП (APXSTA) параметр p1016.

№ бита	Символ. имя	Наименование	Активация	Доступ	Версия
1016.0		Состояние ПО - Пуск/Останов ФГ	сразу	Чтение	
1016.1		Состояние ПО -Разрешение привода: 0-нет/1-да	сразу	Чтение	
1016.2		Аварийная остановка	сразу	Чтение	
1016.3		Аварийная остановка по цифровому входу	сразу	Чтение	
1016.4		Аварийная остановка по предупреждению	сразу	Чтение	
1016.5		Аварийная остановка по снятию разрешения	сразу	Чтение	
1016.6		Идет заряд шины 540В	сразу	Чтение	
1016.7		Нулевая метка Z найдена	сразу	Чтение	
1016.8		Идет процесс выезда в нуль	сразу	Чтение	
1016.9		Осциллограф офлайн Старт/Стоп	сразу	Чтение	
1016.10					
1016.11					
1016.12					
1016.13					
1016.14					
1016.15					

1017	REC_DINSTA	Состояние цифровых входов ЭП (DINSTA)		сразу	Чтение
UINT	-	0	FFFF	0	

Приложения

Приложение 1. Ввод в эксплуатацию и расчетные формулы величин

При вводе в эксплуатацию, первоначально, необходимо определить тип используемого преобразователя и электродвигателя. Обычно, это уже сделано поставщиком, в этом случае необходимо в программе ServoMonitor проконтролировать правильность этого выбора.

Процедура ввода в эксплуатацию:

1. В программе ServoMonitor в диалоге "Служебные " → "Установка конфигурации" выбрать тип используемого преобразователя и двигателя.
2. Нажать "Установка". По этой команде происходит расчет параметров и их ограничений, указанных в данном приложении 1.
3. Нажать "Запись", по этой команде параметры записываются в EEPROM.
4. В диалоге "Служебные " → "RESET" произвести сброс ЭП или выключить и повторно включить ЭП.

Когда выбирается тип преобразователя, определяется значение параметра p3 (Тип ЭП), а когда выбирается тип электродвигателя - параметры группы ЭД p200-p299. Среди этих и других параметров, часть необходимо рассчитать по определенным формулам.

Каждый параметр начинается с таблицы со значениями в колонках. В примерах указаны значения для варианта ЭП BSD-16 и электродвигателя 215NYS-S20.

№ параметра	Символ. имя	Наименование
<i>№ вспомогат. параметра</i>	<i>Символ. имя</i>	<i>Наименование</i>
Расчетная формула		Ограничения расчетной формулы
Пример расчетной формулы		Пример ограничения расчетной формулы

20	ICON	Номинальный ток
3	DT	Тип ЭП
$p20 = \begin{cases} 16, & p3 = 1 \\ 30, & p3 = 2 \end{cases}$ $p20 = 16$		

21	IPEK	Максимальный ток
3	DT	Тип ЭП
$p21 = \begin{cases} 28, & p3 = 1 \\ 52, & p3 = 2 \end{cases}$ $p21 = 28$		

22	IFCF	Коэффициент передачи датчика тока
3	DT	Тип ЭП
$p22 = \begin{cases} 45,89, & p3 = 1 \\ 80, & p3 = 2 \end{cases}$ $p22 = 43,89$		

26	IFL	Максимальный ток ЭД
301	IPEKL	Ограничение максимальной команды тока
$p_{26} = 1,2 * p_{301}$ $p_{26} = 1,2 * 28 = 33,6$		

27	IWL	Предупредительный уровень тока ЭД
301	IPEKL	Ограничение максимальной команды тока
$p_{27} = 1,1 * p_{301}$ $p_{27} = 1,1 * 28 = 30,8$		

56	ASSCL	Коэффициент передачи аналогового задания по скорости
204	MRV	Номинальная скорость ЭД
$p_{56} = p_{204} / 7,5$ $p_{56} = 2000 / 7,5 = 267$		

219	OVL	Сверхскорость ЭД
400	VILP	Ограничение положительной команды скорости
401	VILP	Ограничение отрицательной команды скорости
$p_{219} = 1,5 * \max\{p_{400} p_{401}\}$ $p_{219} = 1,5 * \max\{2600 2600\} = 3900$		

300	ICONL	Ограничение длительной команды тока
20	ICON	Номинальный ток
21	IPEK	Максимальный ток
207	MPI	Максимальный ток ЭД
210	MOI	Нулевой ток ЭД
$p_{300} = \min\{p_{20} p_{210}\}$ $p_{300} = \min\{16 11,1\} = 11,1$		$\max\{p_{300}\} = \min\{p_{21} p_{207}\}$ $\max\{p_{300}\} = \min\{28 43,5\} = 28$

301	IPEKL	Ограничение максимальной команды тока
20	ICON	Номинальный ток
21	IPEK	Максимальный ток
207	MPI	Максимальный ток ЭД
210	MOI	Нулевой ток ЭД
$p_{301} = \min\{p_{21} p_{207}\}$ $p_{301} = \min\{28 43,5\} = 28$		$\max\{p_{301}\} = \min\{p_{21} p_{207}\}$ $\max\{p_{301}\} = \min\{28 43,5\} = 28$

309	I2TL	Контроль I2t ЭД, значение тока
20	ICON	Номинальный ток
210	MOI	Нулевой ток ЭД
$p_{309} = \min\{p_{20} p_{210}\}$ $p_{309} = \min\{16 11,1\} = 11,1$		

400	VILP	Ограничение положительной команды скорости
204	MRV	Номинальная скорость ЭД
208	MPV	Максимальная скорость ЭД
$p_{400} = \min\{1,5 * p_{204} p_{208}\}$ $p_{400} = \min\{1,5 * 2000 2600\} = 2600$		$\max\{p_{400}\} = p_{208}$ $\max\{p_{400}\} = 2600$

401	VILP	Ограничение отрицательной команды скорости
204	MRV	Номинальная скорость ЭД
208	MPV	Максимальная скорость ЭД
$p_{401} = \min\{1,5 * p_{204} p_{208}\}$ $p_{401} = \min\{1,5 * 2000 2600\} = 2600$		$\max\{p_{401}\} = p_{208}$ $\max\{p_{401}\} = 2600$

500	PILP	Ограничение положительной команды положения
204	MRV	Номинальная скорость ЭД
208	MPV	Максимальная скорость ЭД
216	ENCR	Разрешение фото-импульсного ДПП
$p_{500} = \frac{\min\{1,2 * p_{204} p_{208}\} * p_{216}}{1000 * 60}$ $p_{500} = \frac{\min\{1,2 * 2000 2600\} * 12000}{1000 * 60} = 480$		$\max\{p_{500}\} = \frac{p_{208} * p_{216}}{1000 * 60}$ $\max\{p_{500}\} = \frac{2600 * 12000}{1000 * 60} = 520$

501	PILN	Ограничение отрицательной команды положения
204	MRV	Номинальная скорость ЭД
208	MPV	Максимальная скорость ЭД
216	ENCR	Разрешение фото-импульсного ДПП
$p_{501} = \frac{\min\{1,2 * p_{204} p_{208}\} * p_{216}}{1000 * 60}$ $p_{501} = \frac{\min\{1,2 * 2000 2600\} * 12000}{1000 * 60} = 480$		$\max\{p_{501}\} = \frac{p_{208} * p_{216}}{1000 * 60}$ $\max\{p_{501}\} = \frac{2600 * 12000}{1000 * 60} = 520$

513	FEWL	Предупредительный предел рассогласования
500	PILP	Ограничение положительной команды положения

501	<i>PILN</i>	Ограничение отрицательной команды положения
502	<i>KPP</i>	Пропорциональная составляющая регулятора
$p513 = \frac{1000 * \max\{p500 p501\}}{p502}$ $p513 = \frac{1000 * \max\{480 480\}}{30} = 16000$		

514	<i>FEFL</i>	Максимальный предел рассогласования
513	<i>FEWL</i>	Предупредительный предел рассогласования
$p514 = 1,2 * p513$ $p514 = 1,2 * 16000 = 19200$		

Приложение 2. Работа разрядного (тормозного) транзистора

Подробно можно посмотреть на нашем сайте в документе "Расчет тормозного резистора".

Приложение 3. PID-регулятор скорости и тока

Классическая формула записи непрерывного линейного PID-регулятора:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3.1)$$

$$\text{где } e(t) \text{ – рассогласование : } e(t) = w(t) - y(t) \quad (3.2)$$

K_p – коэффициент передачи пропорциональной части

T_i – постоянная времени интегральной части

T_d – постоянная времени дифференциальной части

Величина, обратная постоянной времени, есть круговая частота:

$$\frac{1}{T} = \omega = 2\pi f \quad (3.3)$$

Используя преобразование Лапласа, можно привести формулу записи в операторном виде:

$$U(s) = \left[K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right] E(s) \quad (3.4)$$

Тогда передаточная функция PID-регулятора:

$$H(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s \quad (3.5)$$

Структурная (блок-схема) показана на рис.Пр.3.1:

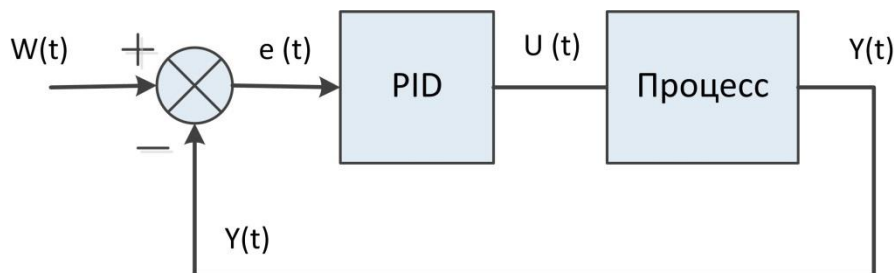


Рисунок Пр.3.1 Блок-схема PID-регулятора

Поскольку в электроприводе используется PI-регулятор (скорости и тока), в дальнейшем будем рассматривать этот конкретный тип. Причины, то есть, синтез регуляторов, здесь не отражены.

Поскольку привод цифровой, необходимо перейти от непрерывной формы записи к дискретной в виде разностного уравнения или используя Z-преобразования.

Заменяем дифференциалы этих переменных – разностями, а приращение времени dt – величиной интервала квантования T_s .

$$\text{Прямая разность (Эйлера): } \frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{X_{n+1} - X_n}{T_s}$$

$$\text{Обратная разность (Эйлера): } \frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{X_n - X_{n-1}}{T_s}$$

Из прямой разности получаем преобразования:

$$s \rightarrow \frac{Z - 1}{T_s} = \frac{1}{T_s} \frac{1 - Z^{-1}}{Z^{-1}} ; Z \rightarrow sT_s + 1 \quad (3.6)$$

Из обратной разности получаем преобразования:

$$s \rightarrow \frac{1 - Z^{-1}}{T_s} = \frac{1}{T_s} \frac{Z - 1}{Z} ; Z \rightarrow \frac{1}{1 - sT_s} \quad (3.7)$$

Билинейное преобразование (преобразование Тастина):

$$s \rightarrow \frac{2}{T_s} \frac{1 - Z^{-1}}{1 + Z^{-1}} ; Z \rightarrow \frac{2/T_s + s}{2/T_s - s} \quad (3.8)$$

В уравнении (3.4) применяем преобразование (3.7):

$$U(z) = \left[K_p + \frac{T_s}{T_i(1 - Z^{-1})} \right] E(z) \quad (3.9)$$

Чтобы перейти к разностному уравнению, учтем, что Z^{-1} – это оператор задержки на один такт дискретизации T_s . Тогда упростим (3.9):

$$U(z)(1 - Z^{-1}) = \left[K_p(1 - Z^{-1}) + \frac{T_s}{T_i} \right] E(z)$$

$$u(k) - u(k - 1) = K_p[e(k) - e(k - 1)] + \frac{T_s}{T_i} e(k) \quad (3.10)$$

Из (3.10) можно перейти к рекуррентной форме записи разностного уравнения PI-регулятора:

$$u(k) = u(k - 1) + \left[K_p + \frac{T_s}{T_i} \right] e(k) - K_p e(k - 1) \quad (3.11)$$

Таким образом, из (3.7) и (3.8) и, учитывая (3.3), можно получить 2 рекуррентные формы записи разностного уравнения PI-регулятора:

$$u(k) = u(k - 1) + [K_p + \omega_i T_s] e(k) - K_p e(k - 1) \quad (3.12)$$

$$u(k) = u(k - 1) + [K_p + \omega_i T_s / 2] e(k) - \left[K_p - \frac{\omega_i T_s}{2} \right] e(k - 1) \quad (3.13)$$

Структурная (блок-схема) уравнения (3.12) показана на рис.Пр.3.2:

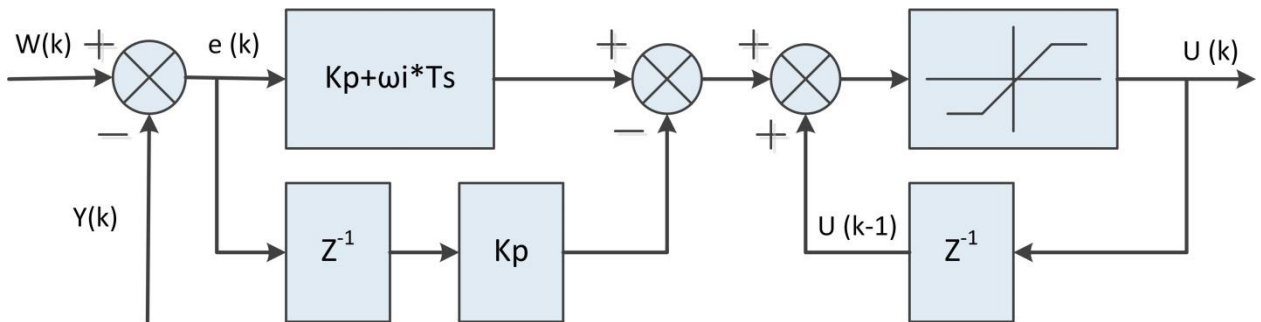


Рисунок Пр.3.2 Блок-схема дискретного PI-регулятора

В (3.12) разделим интегральную и пропорциональную составляющую:

$$u(k) = u(k - 1) + K_p e(k) - K_p e(k - 1) + \omega_i T_s e(k) \quad (3.14)$$

Структурная (блок-схема) уравнения (3.14) показана на рис.Пр.3.3:

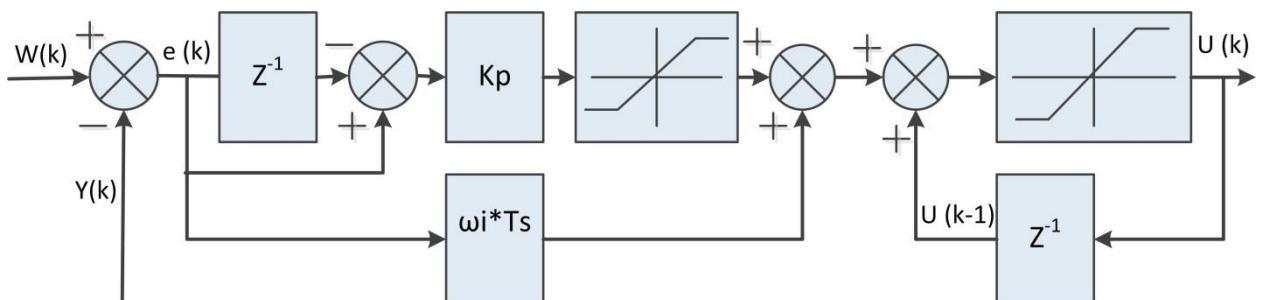


Рисунок Пр.3.3 Блок-схема дискретного PI-регулятора

Свойства PI-регулятора.

Рассматривая PI-регулятор как регулятор первого порядка, выделим его действия в терминах P- и I-параметрах. Реально их воздействие в замкнутом контуре не независимы друг от друга, пока это упустим.

Пропорциональное действие обеспечивает составляющую, которая пропорционально зависит от текущей ошибки управления и определяет средне- и высокочастотный участок, который, в свою очередь, определяет быстродействие и колебательность.

Интегральное действие формирует выходной сигнал регулятора, пропорциональный накопленной ошибке, то есть интегралу от ошибки и определяет низкочастотный участок, который, в свою очередь, определяет точность системы в установившемся режиме.

При настройке во временной области (ступенька) P-параметр настраивается для решения компромисса между временем нарастания и допустимым выбросом, а и I-параметр увеличивают до тех пор, пока это не приведет к существенному увеличению выброса.

Регулятор тока настраивается на **модульный оптимум**, характеризующийся временем нарастания 4,71Тнт, перерегулированием 4,3% и временем регулирования (достижения 0,98 заданной величины) 8,4Тнт, где Тнт – малая некомпенсируемая постоянная времени контура тока, включающая в себя:

- запаздывание силового инвертора
- постоянная времени статорной цепи L_s/R_s
- постоянная времени фильтра тока

В установившемся режиме момент двигателя зависит от нагрузки и не зависит от задания.

Регулятор скорости настраивается на **симметричный оптимум**, характеризующийся временем нарастания 3,1Тнс, перерегулированием 43,4% и временем регулирования (достижения 0,98 заданной величины) 16,5Тнс. Это позволяет иметь абсолютно жесткую статическую механическую характеристику, то есть обладать астатизмом по цепям управления и возмущения.

Приложение 4. Р-регулятор положения с предупредлением

Рассмотрим систему автоматического управления, включающую в себя: систему ЧПУ (регулятор положения), электропривод (ЭП), электродвигатель (ЭД) и датчик положения ротора ЭД (ДПР):

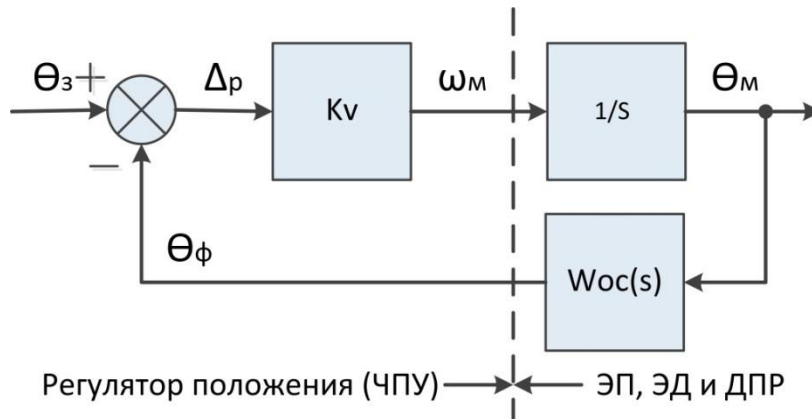


Рисунок Пр.4.1 Система автоматического управления 1-го порядка

Θ_z – заданное положение (ротора ЭД). Размерность – радиан.

Θ_ϕ – фактическое положение ротора ЭД, приведенное ко входу. Размерность – радиан.

Θ_m – фактическое (механическое) положение ротора ЭД. Размерность – радиан.

Δp - сигнал ошибки (рассогласования). Размерность – радиан.

ω_m – заданное значение частоты вращения ЭД. Размерность – радиан в секунду.

Передаточная функция замкнутой системы в относительных единицах при $W_{oc}(s)=1$:

$$W_z(s) = \frac{\Theta_m(s)}{\Theta_z(s)} = \frac{Kv/s}{1 + Kv/s} = \frac{Kv}{Kv + s} = \frac{1}{1 + s/Kv} = \frac{1}{1 + \tau s} \quad (4.1)$$

Таким образом, мы имеем апериодическое звено 1-го порядка с постоянной времени равной:

$$\tau = \frac{1}{Kv} \quad (4.2)$$

При ступенчатом воздействии $\Theta_z=1/s$ получаем:

$$\Theta_m(s) = \frac{1}{s} W_z(s) = \frac{1}{s(1 + \tau s)} = \frac{1}{s} - \frac{\tau}{1 + \tau s}$$

Или во временной области, после обратного преобразования Лапласа:

$$\Theta_m(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4.3)$$

t	0	$\tau/2$	τ	2τ	3τ	4τ	5τ
$\Theta_m(t)$	0	0,393	0,632	0,865	0,95	0,982	0,993

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ):

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \tau^2\omega^2}}$$

Фазо-частотная характеристика (ФЧХ):

$$\varphi(\omega) = \arg W(j\omega) = -\arctg(\tau\omega)$$

Полоса пропускания ω :

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}, \text{ тогда } \omega = \frac{1}{\tau} = Kv \quad (4.4)$$

Дадим определение Kv-фактора для ЧПУ:

$$Kv = \frac{V[\frac{m}{min}]}{\Delta[mm]} \quad (4.5)$$

где V – скорость перемещения по оси. Размерность - m/min

Δ - рассогласование по оси на данной скорости. Размерность – mm.

Имеется два варианта представления Kv-фактора:

- в размерности $[\frac{m/min}{mm}]$, как принято в Европе. Тогда при заданных вышеуказанных параметрах в установившемся режиме имеем при $Kv = 1$:

$$Kv = \frac{V[\frac{m}{min}]}{\Delta[mm]} = \frac{1m/min}{1mm} = 1 \frac{m/min}{mm}$$

- в размерности $[s^{-1}]$, как принято в США и Японии. Тогда при заданных вышеуказанных параметрах в установившемся режиме имеем при $Kv = 16,667s^{-1}$:

$$Kv = \frac{V[\frac{m}{min}]}{\Delta[mm]} = \frac{1m/min}{1mm} = \frac{1000mm/60s}{1mm} = 16,667s^{-1} \quad (4.6)$$

Обратим внимание, что это одно и то же значение Kv-фактора, данное в разной размерности.

Проведем моделирование системы управления 1-го порядка (рис.Пр.4.1) в Matlab. Сначала определим по формуле (4.2):

$$\tau = \frac{1}{Kv} = \frac{1}{16,667[s^{-1}]} = 0,06 [s]$$

Тогда по формуле (4.1) передаточная функция замкнутой системы:

$$Wz(s) = \frac{1}{1 + \tau s} = \frac{1}{1 + 0,06s} \quad (4.7)$$

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ) представлена на рис.Пр.4.2. Имеем полосу пропускания $\omega = 16,667s^{-1}$ или частоту пропускания $Fbw = \frac{16,667}{2\pi} = 2,653 Hz$.

Обратим внимание, что на этой частоте отставание по фазе равно $\varphi = 45^\circ$.



Kv – фактор определяет полосу пропускания регулятора положения ЧПУ. При изменении Kv – фактора в K раз, полоса пропускания так же изменяется в K раз.



При $Kv = 1$ по европейским стандартам полоса пропускания регулятора положения ЧПУ равна $Fbw = 2,653 Hz$



Значение $Kv = 16,667$ по американским стандартам обозначает полосу пропускания регулятора положения ЧПУ в радиан/сек, при этом $Fbw = \frac{16,667}{2\pi} = 2,653 Hz$

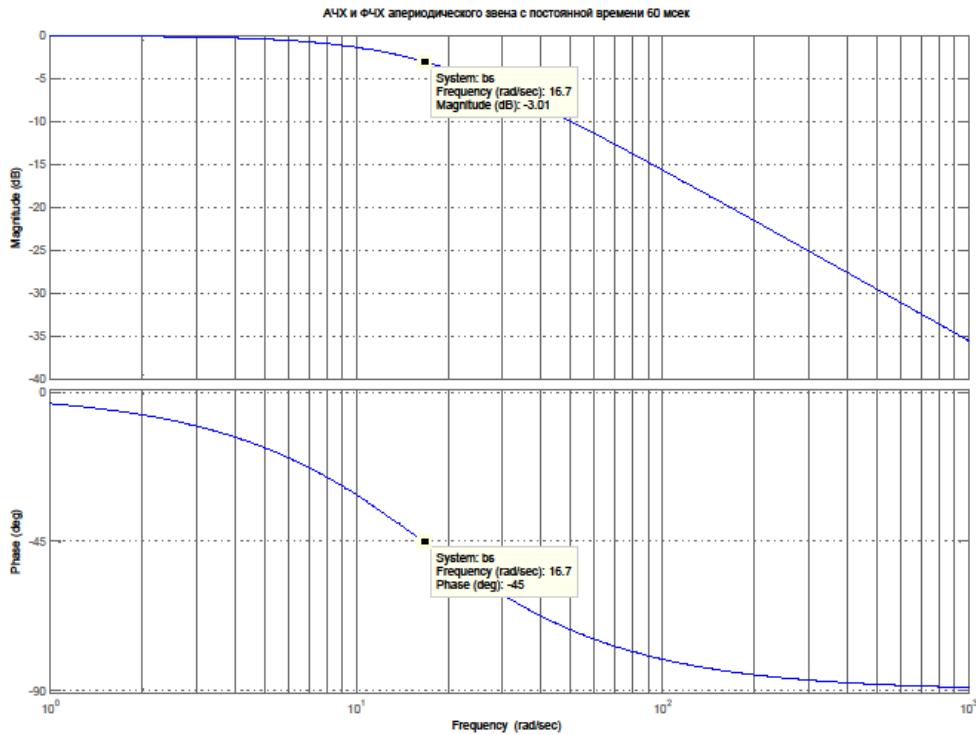


Рисунок Пр.4.2 АЧХ и ФЧХ аperiodического звена 1-го порядка с постоянной времени $\tau=0,06s$

Рассмотрим замкнутую систему автоматического управления с корректирующим звеном типа предупредления (Feedforward):

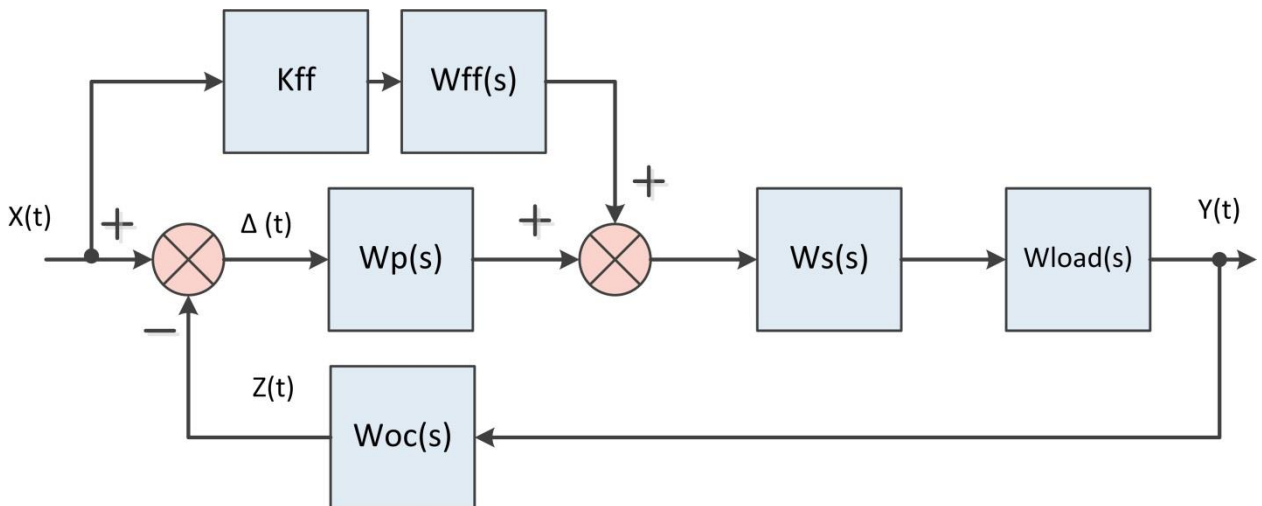


Рисунок Пр.4.3 САУ с корректирующим звеном типа предупредления (Feedforward)

- $X(t)$ – управляющее воздействие (входной сигнал)
- $Y(t)$ – управляемое воздействие (выходной сигнал)
- $Z(t)$ – сигнал обратной (отрицательной) связи
- $\Delta(t)$ – сигнал ошибки (рассогласования)
- K_{ff} – коэффициент предупредления
- W_{ff} – передаточная функция предупредления
- W_p – передаточная функция регулятора положения
- W_s – Передаточная функция регулятора скорости

W_{load} – передаточная функция ЭП, ЭД и нагрузке

W_{oc} – передаточная функция обратной связи

Передаточная функция замкнутой системы по воздействию:

$$W_z(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{[K_{ff}W_{ff}(s) + W_p(s)]W_s(s)W_{load}(s)}{1 + W_p(s)W_s(s)W_{load}(s)W_{oc}(s)} \quad (4.8)$$

При единичной обратной связи ($W_{oc}(s)=1$) и $W_s(s) = 1$, а так же при условии, что выходной сигнал равен входному, получаем:

$$W_z(s) = \frac{[K_{ff}W_{ff}(s) + W_p(s)]W_{load}(s)}{1 + W_p(s)W_{load}(s)} = 1 \quad (4.9)$$

Таким образом:

$$[K_{ff}W_{ff}(s) + W_p(s)]W_{load}(s) = 1 + W_p(s)W_{load}(s)$$

Если $K_{ff}=1$ получаем, что передаточная функция предупреждения обратно равна передаточной функции ЭП, ЭД и нагрузке:

$$W_{ff}(s) = \frac{1}{W_{load}(s)} \quad (4.10)$$

Аналогичный вывод можно получить, если рассмотреть передаточную функцию по рассогласованию (при единичной обратной связи $W_{oc}(s)=1$):

$$W_{\Delta}(s) = \frac{\Delta(s)}{X(s)} = \frac{1 - K_{ff}W_{ff}(s)W_s(s)W_{load}(s)}{1 + W_p(s)W_s(s)W_{load}(s)} \quad (4.11)$$

При рассогласовании равно нулю $W_{\Delta}(s) = 0$ и $K_{ff} = 1$, получаем формулу (4.10).

Другими словами, принцип действия системы состоит в следующем: входной сигнал $X(t)$ поступает на вход объекта регулирования через блок предупреждения, минуя цепь обратной связи. Передаточная функция блока предупреждения выбирается таким образом, чтобы выходной сигнал $Y(t)$ точно соответствовал входному $X(t)$, т.е. сигнал ошибки был равен 0. Это, в идеальном случае, достигается при коэффициенте предупреждения $K_{ff}=1$ и, если передаточная функция предупреждения обратна передаточной функции объекта регулирования.

Рассмотрим более подробно САУ (Пр.4.1 и Пр.4.3) и добавим в нее звенья регулятора скорости в ЭП, электродвигатель и датчик положения ротора.

Рассматривая данную схему, мы видим, что звено предупреждения добавляет на вход регулятора скорости величину, пропорциональную скорости заданного значения. Поэтому такое предупреждение называется скоростью компенсацией (предупреждение по скорости).

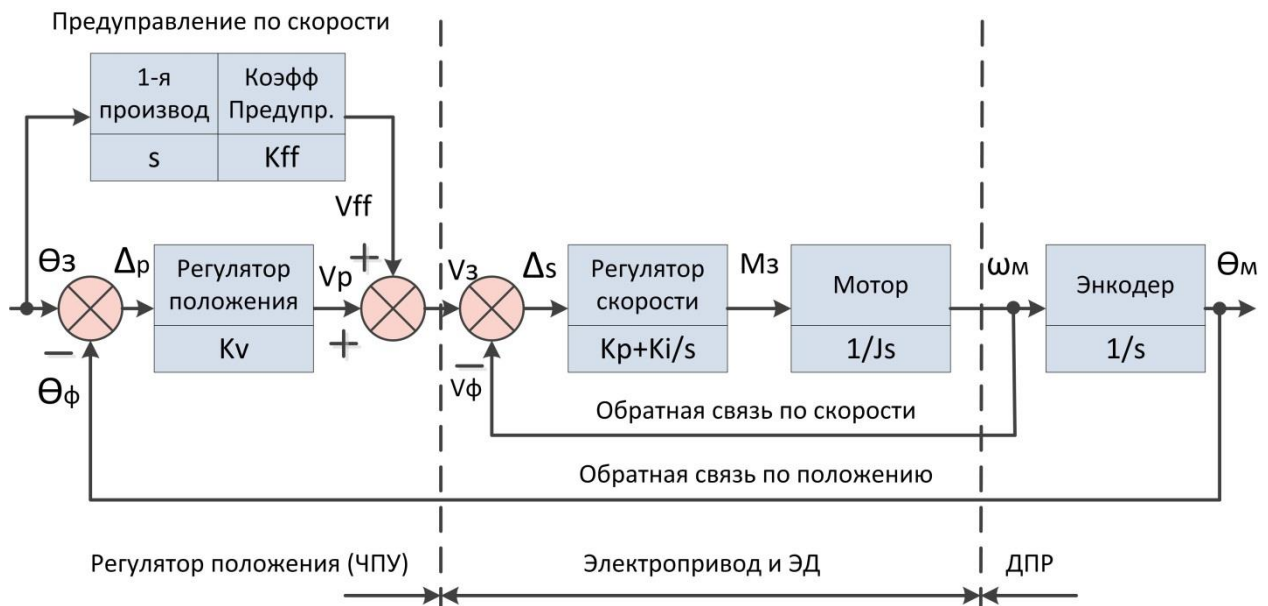


Рисунок Пр.4.4 Система автоматического управление 3-го порядка с предупреждением по скорости

Тогда передаточная функция замкнутой системы в относительных единицах будет :

$$Wз(s) = \frac{\Thetaм(s)}{\Thetaз(s)} = \frac{KpKffs^2 + (KvKp + KiKff)S + KvKi}{JS^3 + KpS^2 + (KvKp + Ki)S + KvKi} \quad (4.12)$$

Поскольку регулятор скорости имеет интегральный коэффициент, то в установившемся режиме, справедливо:

$$VзKff + Kv\Delta p - V\phi = 0$$

Откуда, при Kff=1 и Vз=Vφ, получаем $Kv\Delta p = 0$. Таким образом, **при любых Kv-факторах, рассогласование всегда будет равно 0.**

Приложение 5. Теория ЦИП

Подробно можно посмотреть на нашем сайте в документе " Теория ЦИП".

Приложение 6. Резерв

Приложение 7. Фильтры сглаживания команды тока, скорости и положения

Все фильтры сглаживания команды работают в такте того регулятора, где они находятся.

	Фильтр сглаживания команды тока	Фильтр сглаживания команды скорости	Фильтр сглаживания команды положения
частота выборки, Гц	8000	2000	1000
период выборки, мс	0,125	0,5	1
частота Найквиста, Гц	4000	1000	500

При значениях параметра порядка фильтра, равного 0, 2,3...32 используется формула арифметического (простого) скользящего среднего:

$$SMA = \frac{1}{n} \sum_0^{n-1} P_t$$

Или в формате DSP:

$$W(z) = b_0 + b_1Z^{-1} + b_2Z^{-2} + . . .$$

Таким образом, имеем фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ фильтр).

Примеры для 3 и 5 слагаемых:

$$W(z) = \frac{1}{3}(1 + Z^{-1} + Z^{-2})$$

$$W(z) = \frac{1}{5}(1 + Z^{-1} + Z^{-2} + Z^{-3} + Z^{-4})$$

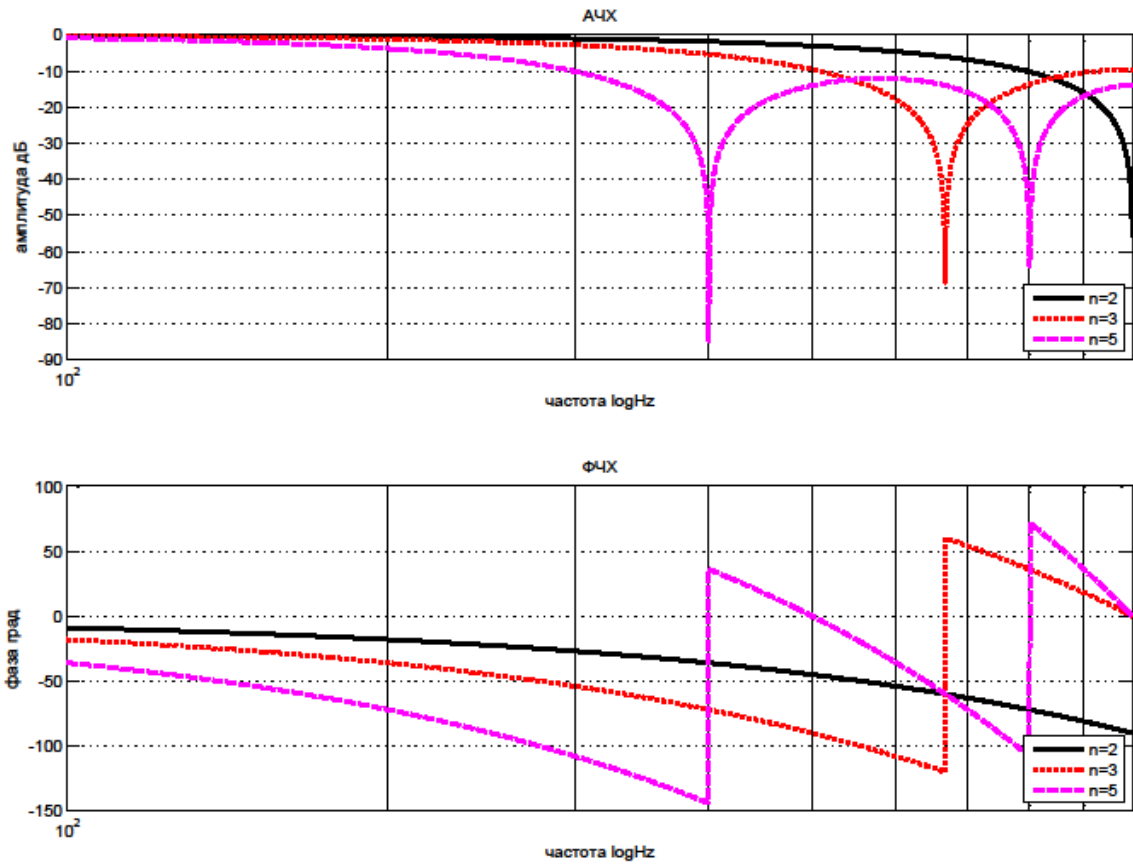


Рисунок Пр.7.1 КИХ фильтр арифметического (простого) скользящего среднего

При значениях параметра порядка фильтра, равного 1 используется формула КИХ фильтра симметричного скользящего среднего для 3 слагаемых:

$$W(z) = \frac{1}{4}(1 + 2Z^{-1} + Z^{-2})$$

Приложение 8. Фильтр обратной связи по скорости

При значениях параметра, $0 \leq \alpha \leq 1$ используется формула экспоненциального скользящего среднего:

$$EMA_t = \alpha P_t + (1 - \alpha)EMA_{t-1}$$

Или в формате DSP:

$$W(z) = \frac{\alpha}{1 - (1 - \alpha)Z^{-1}}$$

Таким образом, имеем фильтр с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ фильтр).

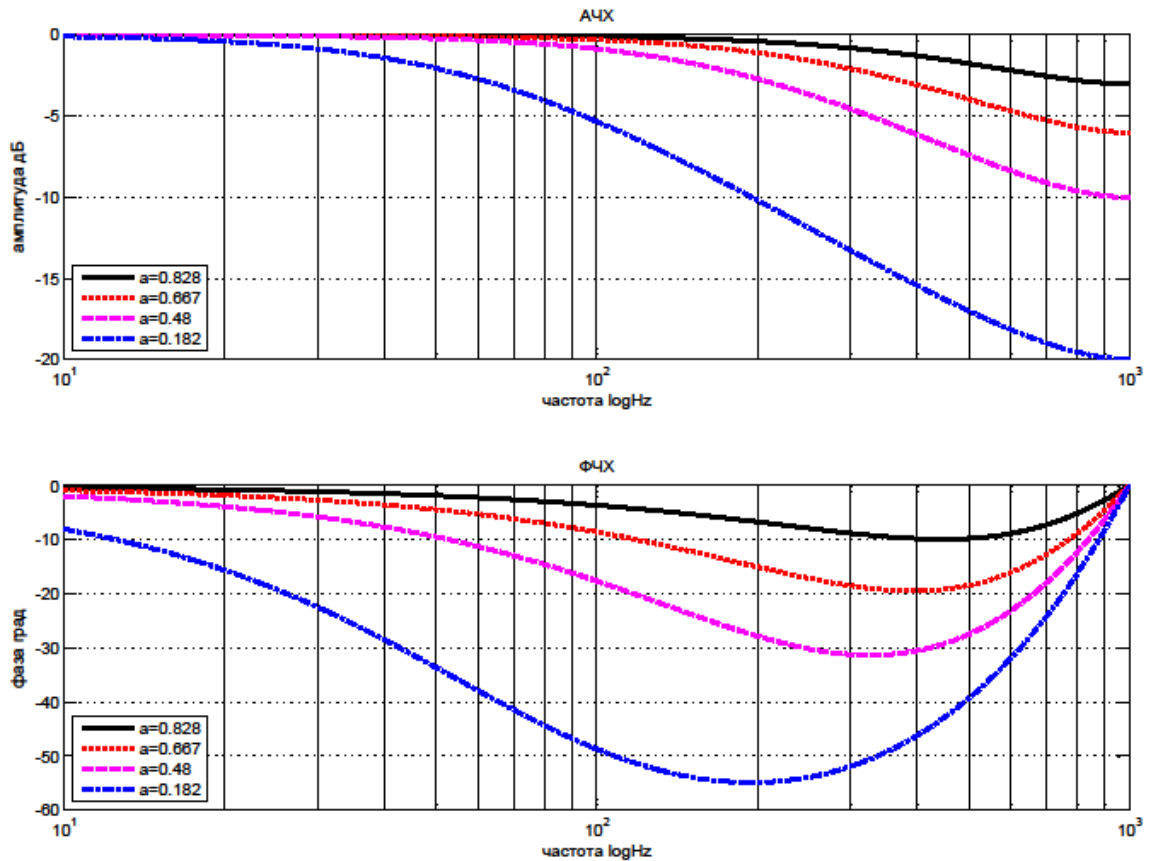


Рисунок Пр.9.1 БИХ фильтр экспоненциального скользящего среднего

Приложение 9. Токовые фильтры

Имеется два последовательно включенных биквадратных фильтра. В формате DSP:

$$W(z) = \frac{b_0 + b_1Z^{-1} + b_2Z^{-2}}{1 + a_1Z^{-1} + a_2Z^{-2}}$$

Все нижеуказанные фильтры рассчитываются при условии:

$$f_s = 8000 \text{ Hz} \text{ – частота выборок}$$

$$T_s = 0,125 \text{ ms} \text{ – период выборок}$$

$$f_N = \frac{f_s}{2} = 4000 \text{ Hz} \text{ – частота Найквиста}$$

9.1 Фильтр Низкой Частоты (ФНЧ) Low-pass Filter (LPF)

Коэффициенты рассчитываются по следующим формулам:

$$den = 1 + \frac{k}{q} + k^2$$

$$b_0 = k^2 / den$$

$$b_1 = 2k^2 / den$$

$$b_2 = k^2 / den$$

$$a_1 = 2(k^2 - 1) / den$$

$$a_2 = (1 - \frac{k}{q} + k^2)/den$$

где $k = \tan\left(\frac{\omega T_s}{2}\right)$, $\omega T_s = 2\pi \frac{f_d}{f_s}$, f_d = частота фильтра

$q = \frac{R(f_d)}{R(f_0)}$ – добротность фильтра (*Quality Factor*),

$R(f_d)$ и $R(f_0)$ – коэффициент передачи фильтра на частоте f_d и 0 Hz

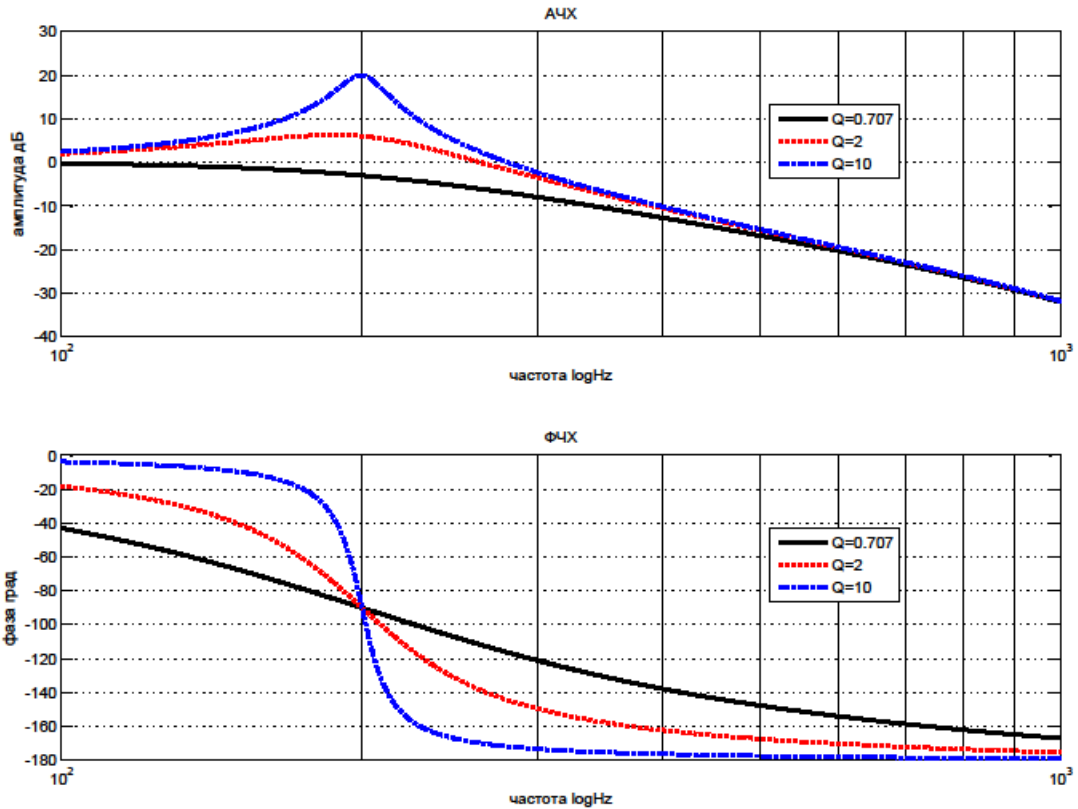


Рисунок 9.1 Фильтр Низкой Частоты (ФНЧ)

9.2 Полосно-задерживающий Фильтр - (ПЗФ) Band Stop Filter (BSF)

Коэффициенты рассчитываются по следующим формулам:

$$den = 1 + \tan \frac{\omega T_s}{2q}$$

$$b_0 = 1/den$$

$$b_1 = -2 \cos(\omega T_s) / den$$

$$b_2 = 1/den$$

$$a_1 = -2 \cos(\omega T_s) / den$$

$$a_2 = (1 - \tan \frac{\omega T_s}{2q}) / den$$

где $k = \tan\left(\frac{\omega T_s}{2}\right)$, $\omega T_s = 2\pi \frac{f_d}{f_s}$, f_d = частота фильтра

$q = \frac{f_d}{\Delta f}$ – добротность фильтра (*Quality Factor*),

$\Delta f = f_L - f_H$ – полоса пропускания фильтра по уровню – 3дБ

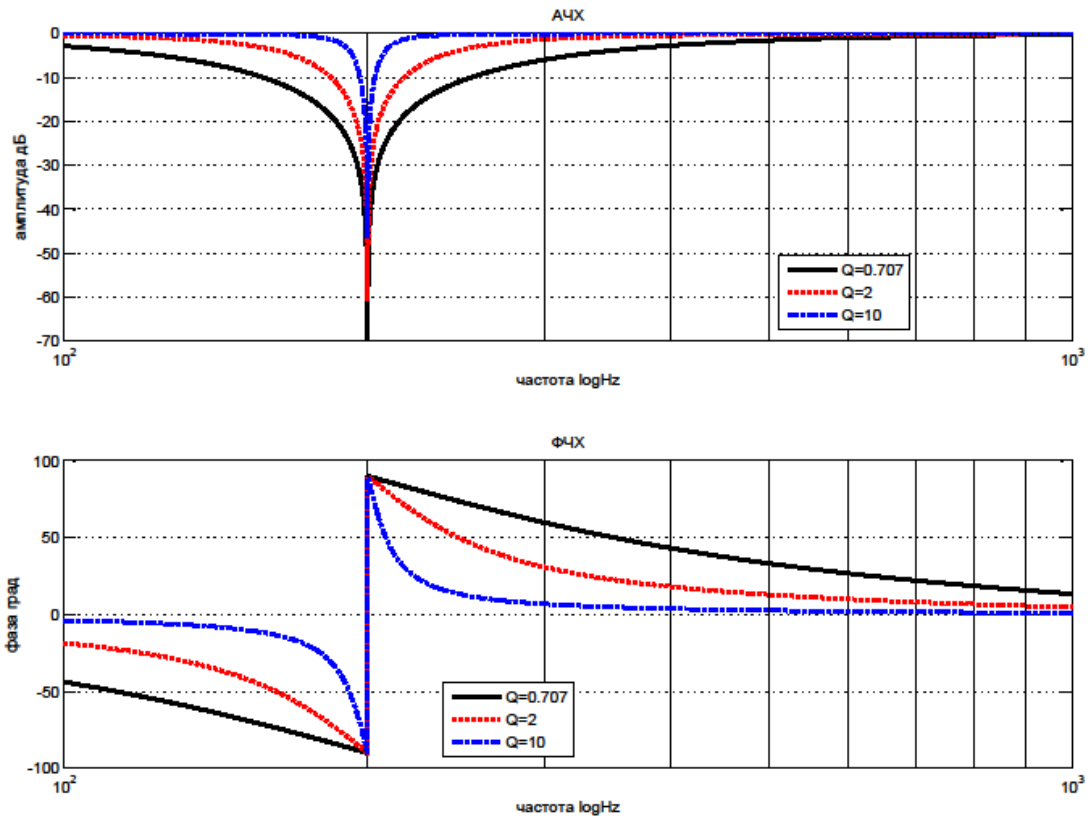


Рисунок 9.2 Полосно-задерживающий Фильтр - (ПЗФ)

9.3 Эквалайзерный Фильтр завал АЧХ (ЭФЗ) Equalizer Filter Cut (EFC)

Коэффициенты рассчитываются по следующим формулам:

$$den = 1 + \frac{Gk}{q} + k^2$$

$$G = 10^{-G_{log}/20}$$

$$b_0 = (1 + \frac{k}{q} + k^2)/den$$

$$b_1 = 2(k^2 - 1)/den$$

$$b_2 = (1 - \frac{k}{q} + k^2)/den$$

$$a_1 = 2(k^2 - 1)/den$$

$$a_2 = (1 - \frac{Gk}{q} + k^2)/den$$

где $k = \tan\left(\frac{\omega T_s}{2}\right)$, $\omega T_s = 2\pi \frac{f_d}{f_s}$, f_d = частота фильтра

$q = \frac{f_d}{\Delta f}$ – добротность фильтра (*Quality Factor*) ,

$\Delta f = f_L - f_H$ – полоса пропускания фильтра по уровню – 3дБ

G – коэффициент усиления фильтра на частоте f_d (*Gain Factor*) ,

G_{log} – коэффициент усиления фильтра на частоте f_d в дБ

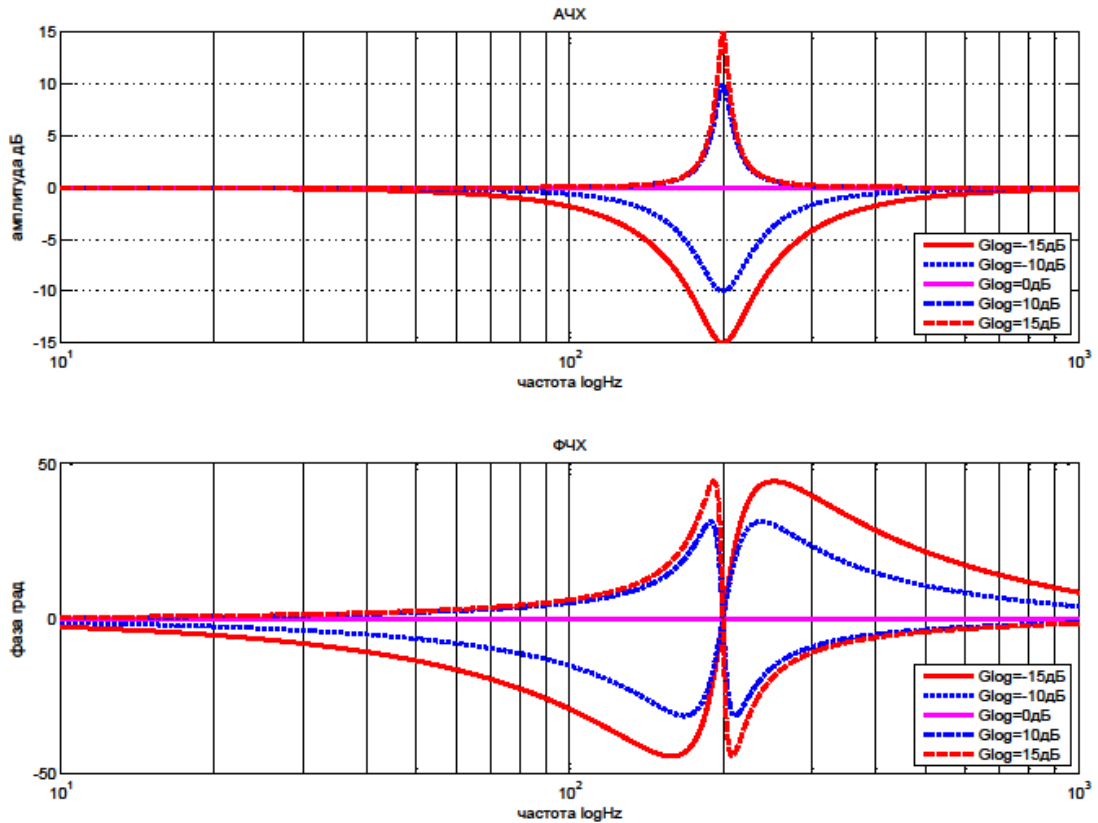


Рисунок 9.3 Эквалайзерный Фильтр завал АЧХ (ЭФЗ)

9.4 Эквалайзерный Фильтр подъем АЧХ (ЭФЗ) Equalizer Filter Boost (EFB)

Коэффициенты рассчитываются по следующим формулам:

$$den = 1 + \frac{k}{q} + k^2$$

$$G = 10^{G_{log}/20}$$

$$b_0 = (1 + \frac{Gk}{q} + k^2)/den$$

$$b_1 = 2(k^2 - 1)/den$$

$$b_2 = (1 - \frac{Gk}{q} + k^2)/den$$

$$a_1 = 2(k^2 - 1)/den$$

$$a_2 = (1 - \frac{k}{q} + k^2)/den$$

где $k = \tan\left(\frac{\omega T_s}{2}\right)$, $\omega T_s = 2\pi \frac{f_d}{f_s}$, f_d = частота фильтра

$q = \frac{f_d}{\Delta f}$ – добротность фильтра (*Quality Factor*),

$\Delta f = f_L - f_H$ – полоса пропускания фильтра по уровню – 3дБ

G – коэффициент усиления фильтра на частоте f_d (*Gain Factor*),

G_{log} – коэффициент усиления фильтра на частоте f_d в дБ

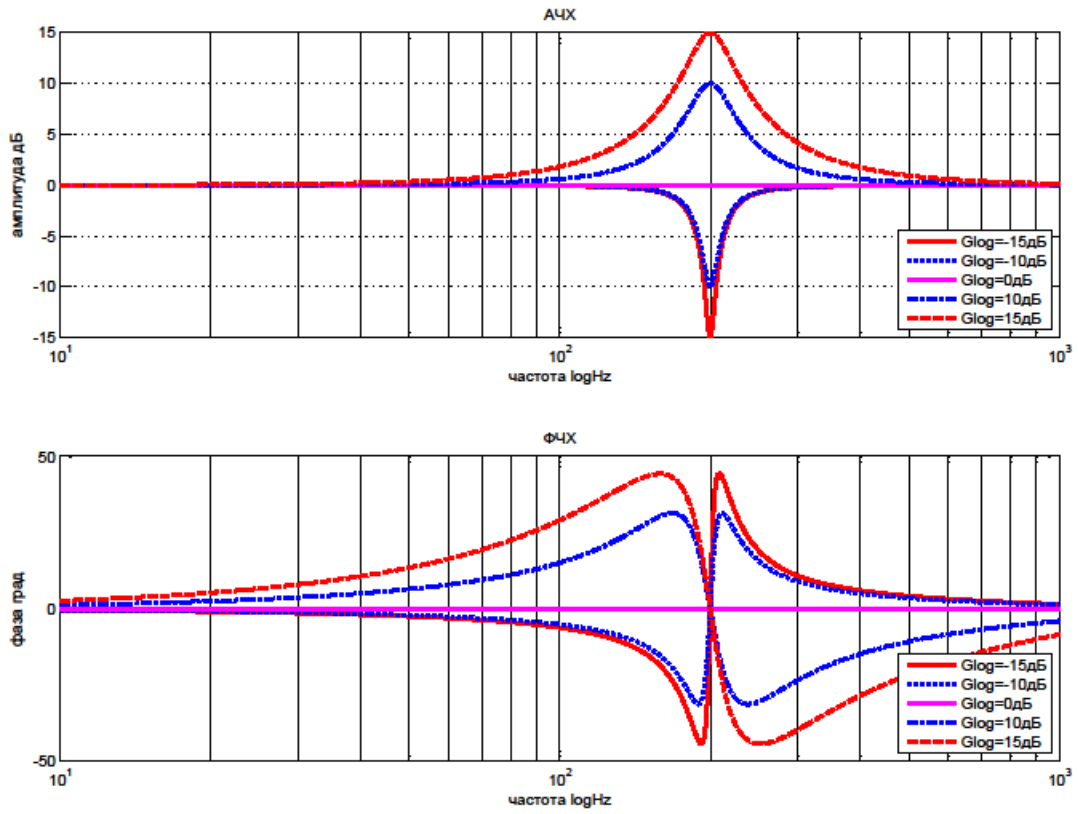


Рисунок 9.4 Эквалайзерный Фильтр подъем АЧХ (ЭФП)