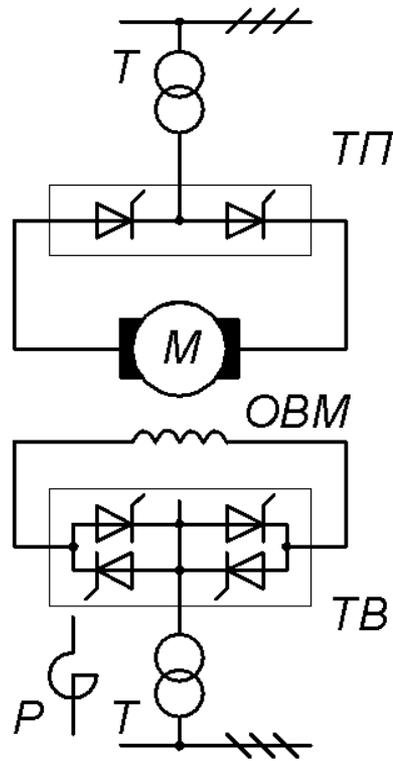
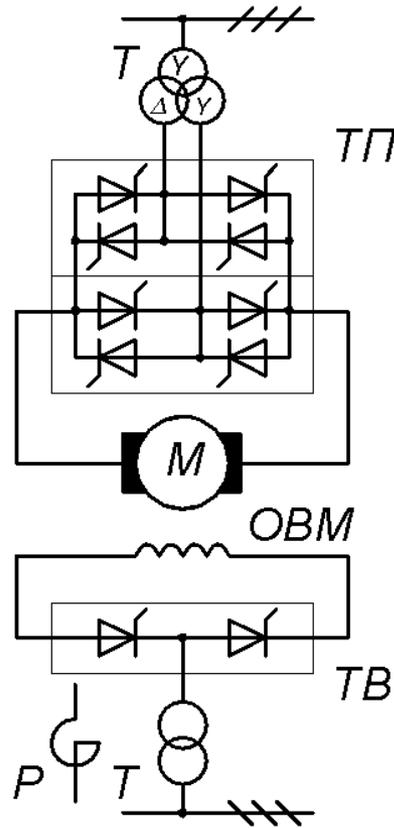


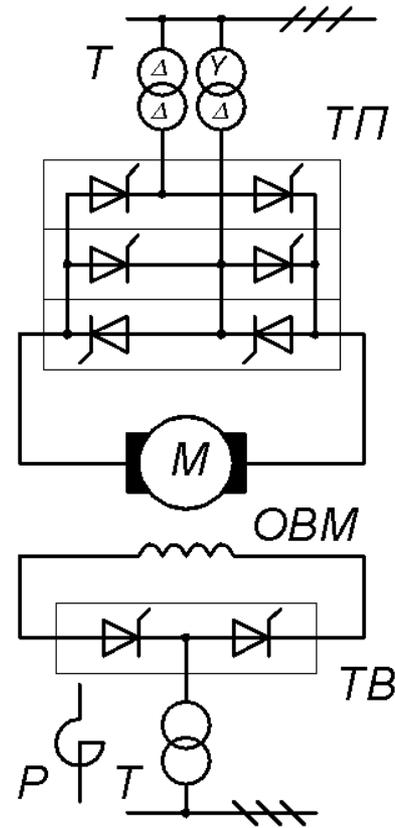
a



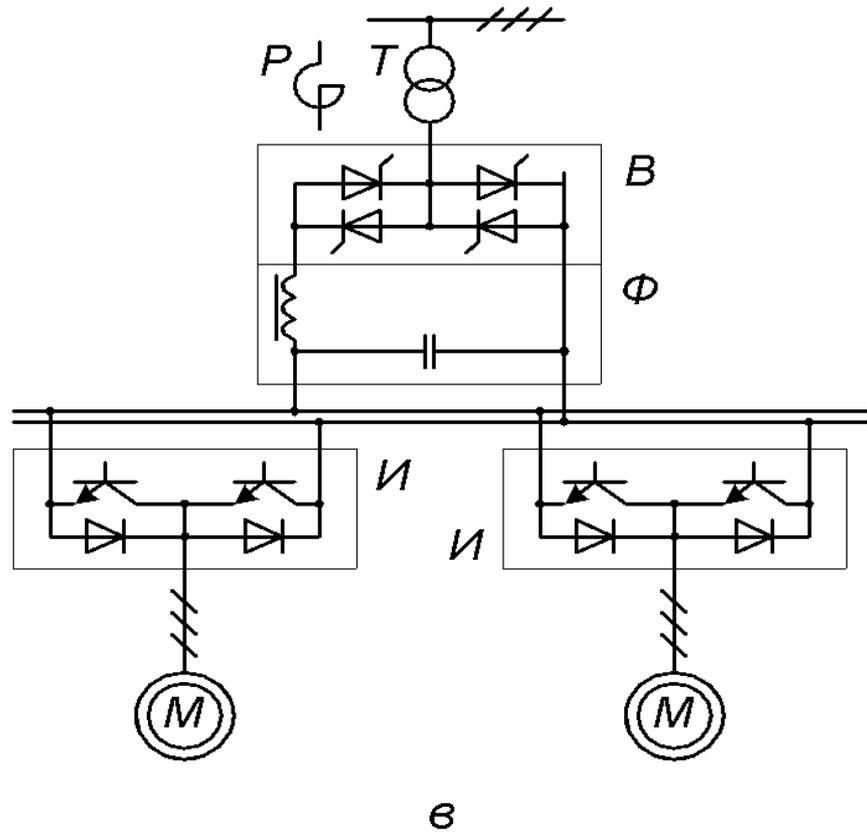
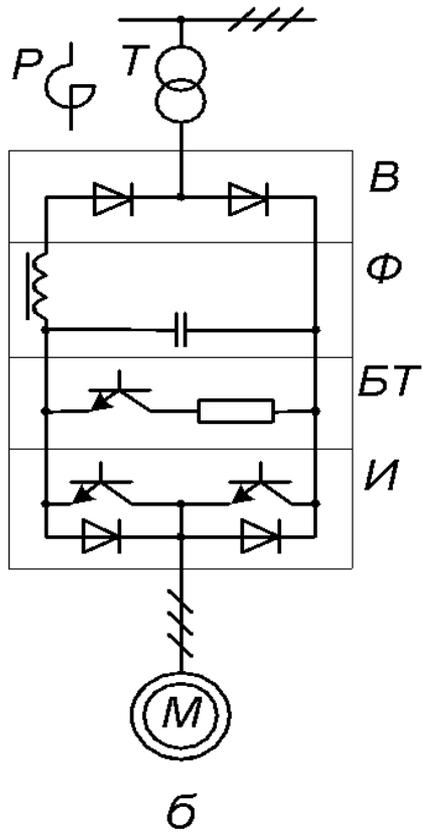
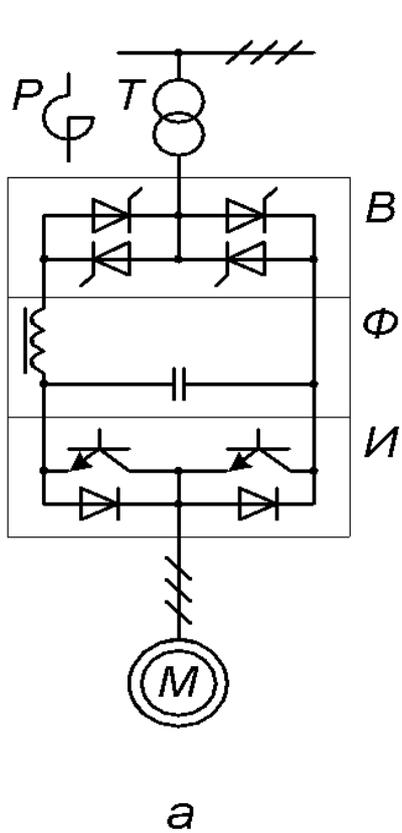
б

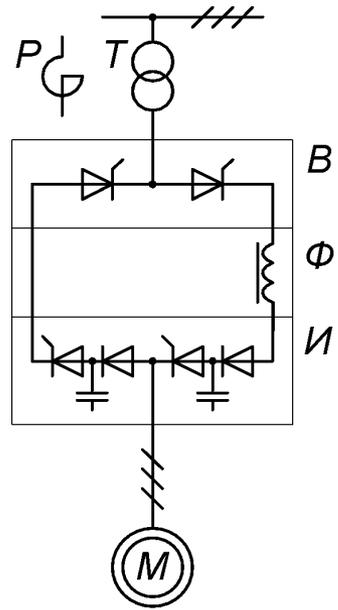


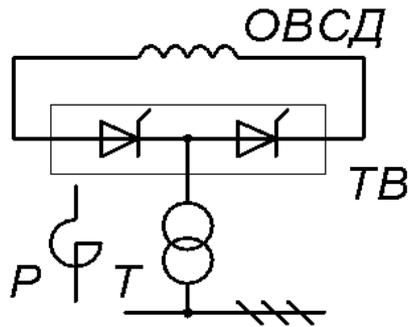
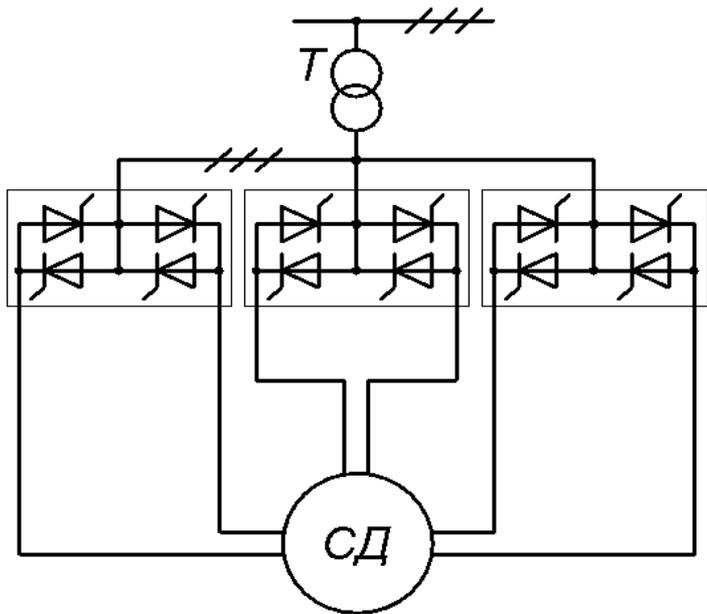
в



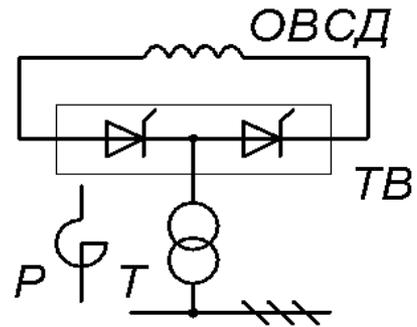
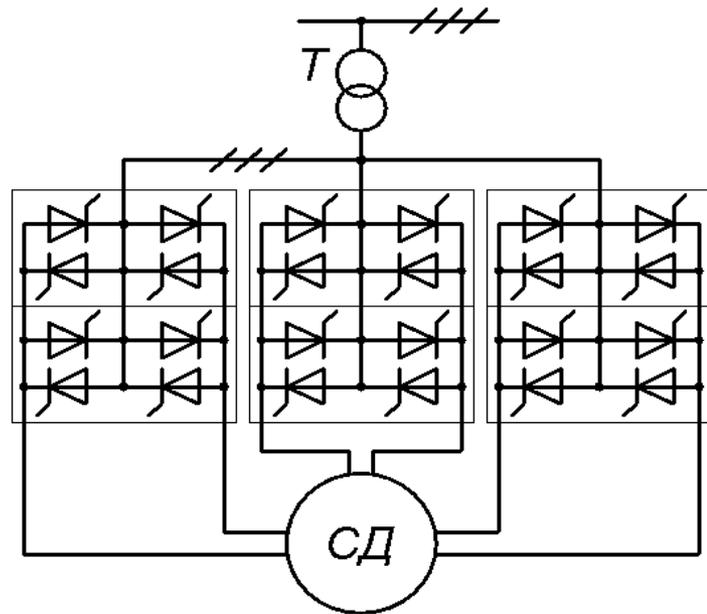
г





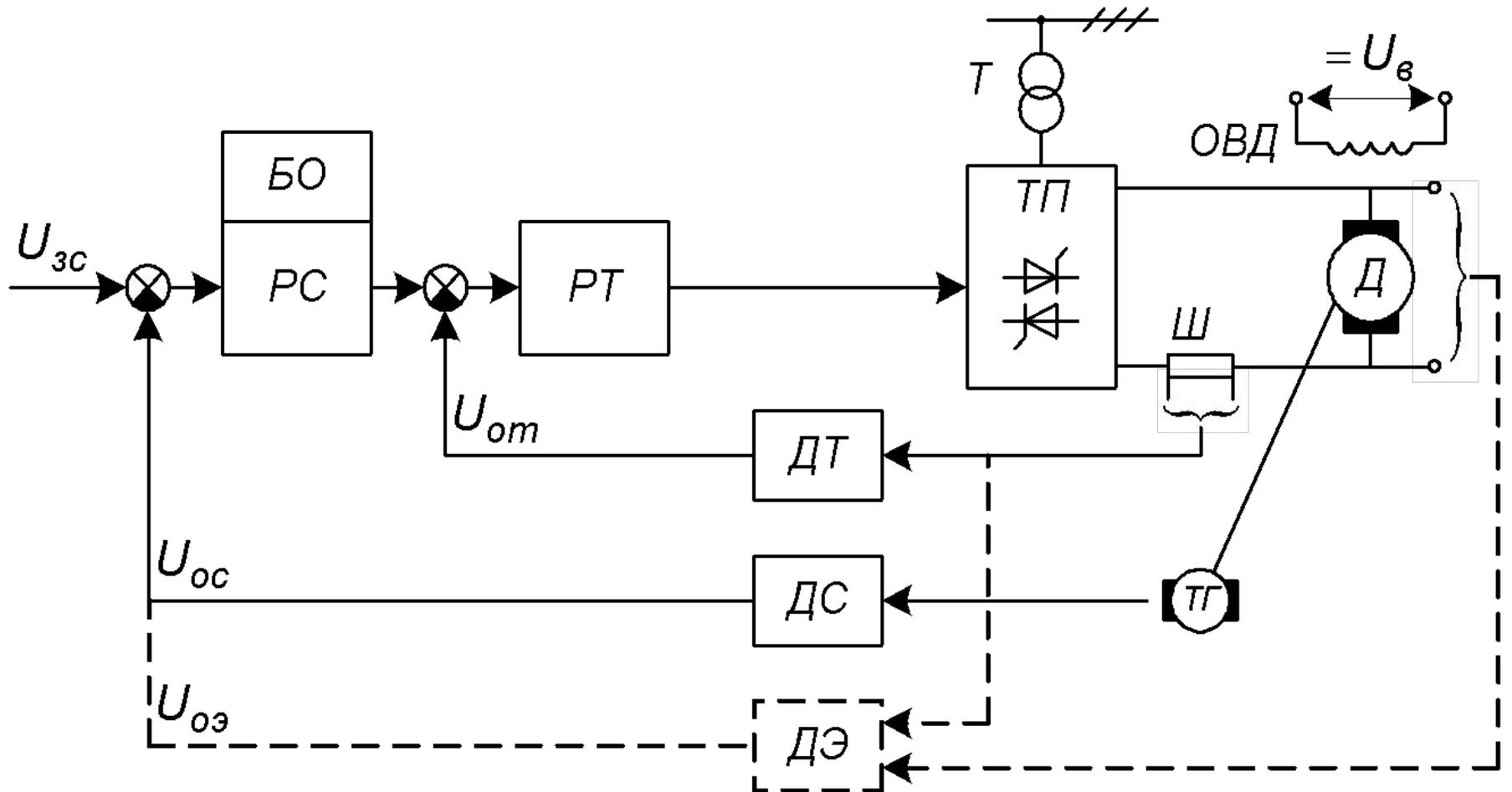


a

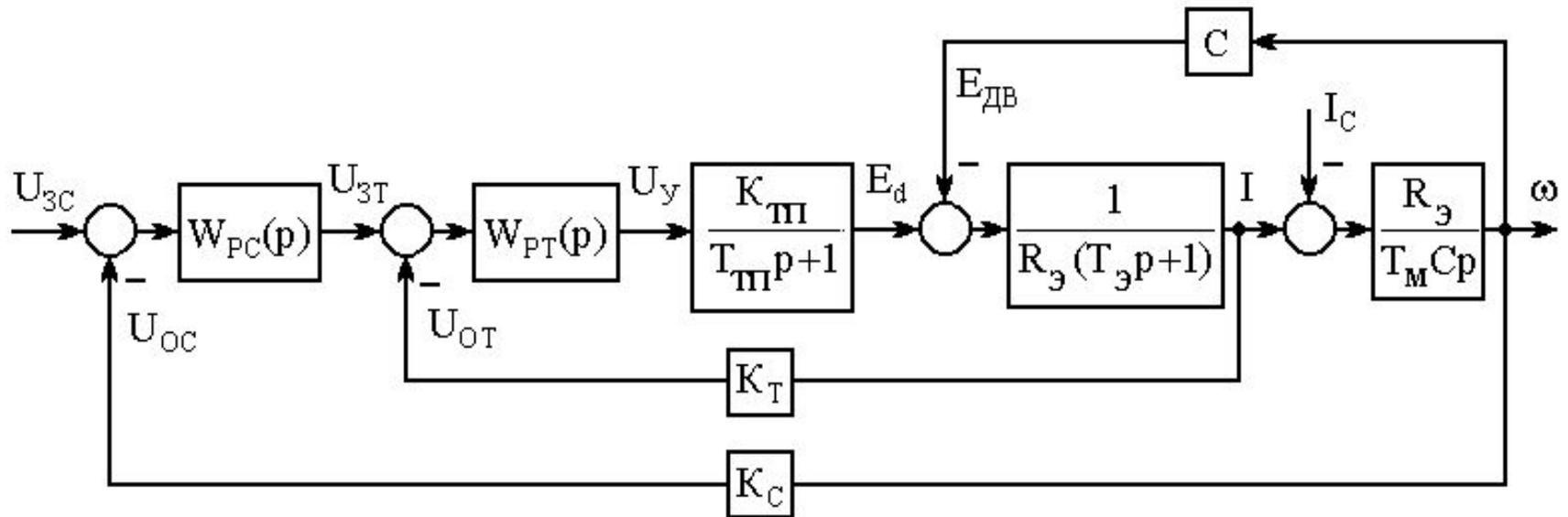


б

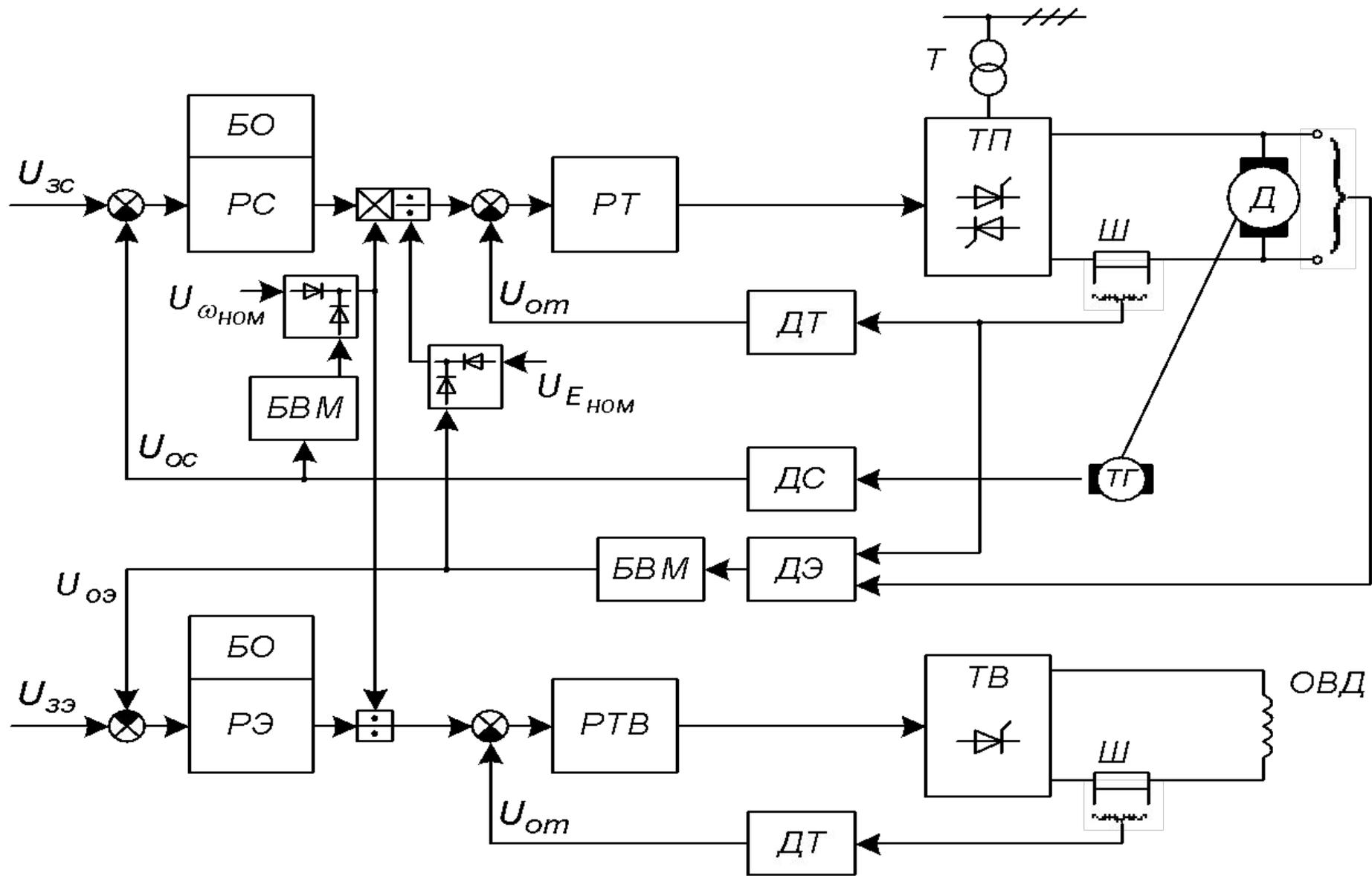
# Функциональная схема САРС с однозонным регулированием скорости



# Электропривод постоянного тока с однопонным регулированием скорости



# Функциональная схема двухзонной САРС



# Электропривод постоянного тока с двухзонным регулированием скорости

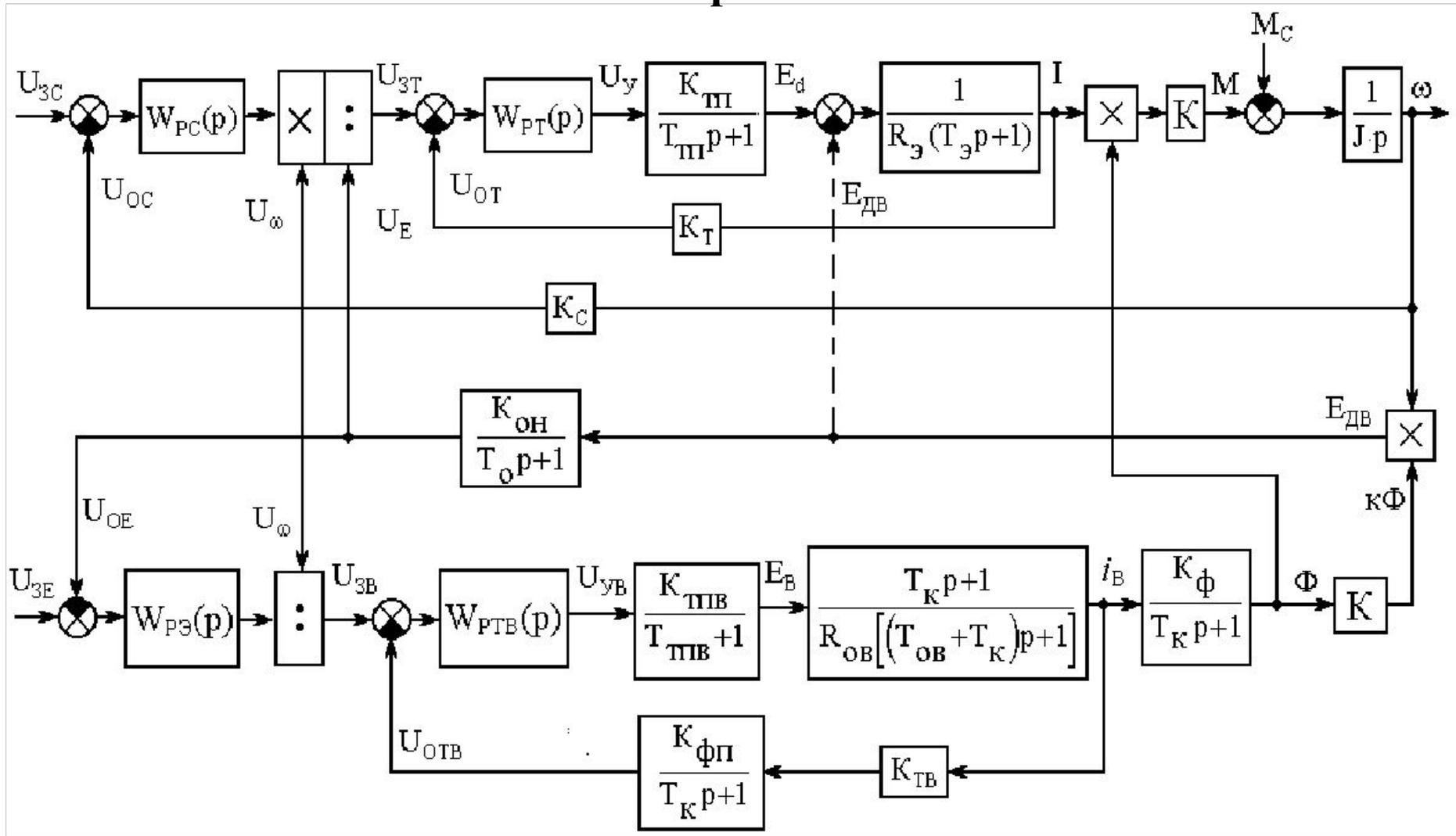


Рис. 4.15 Структурная схема двухзонного регулирования скорости

## Изменение параметров электропривода

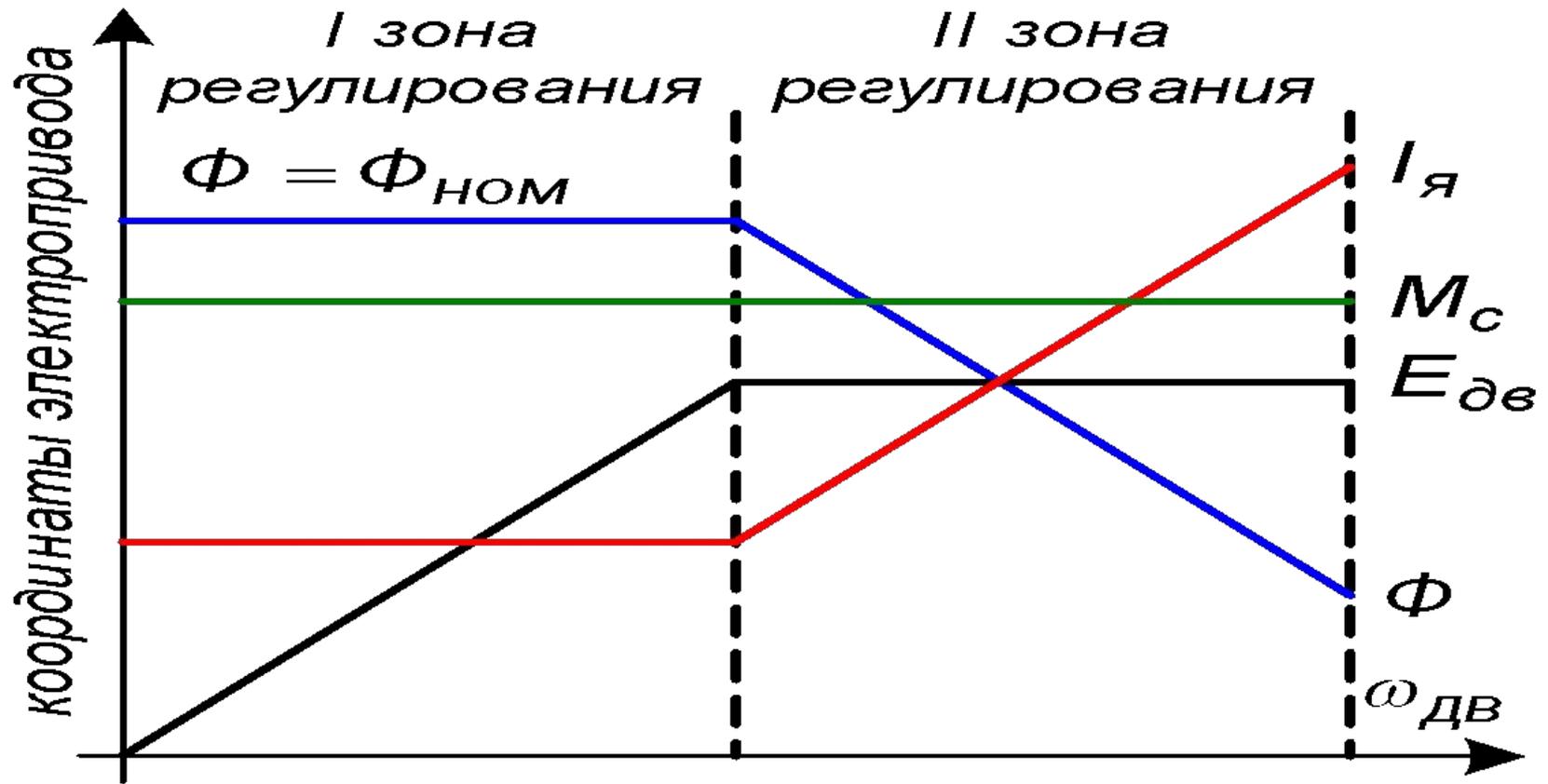
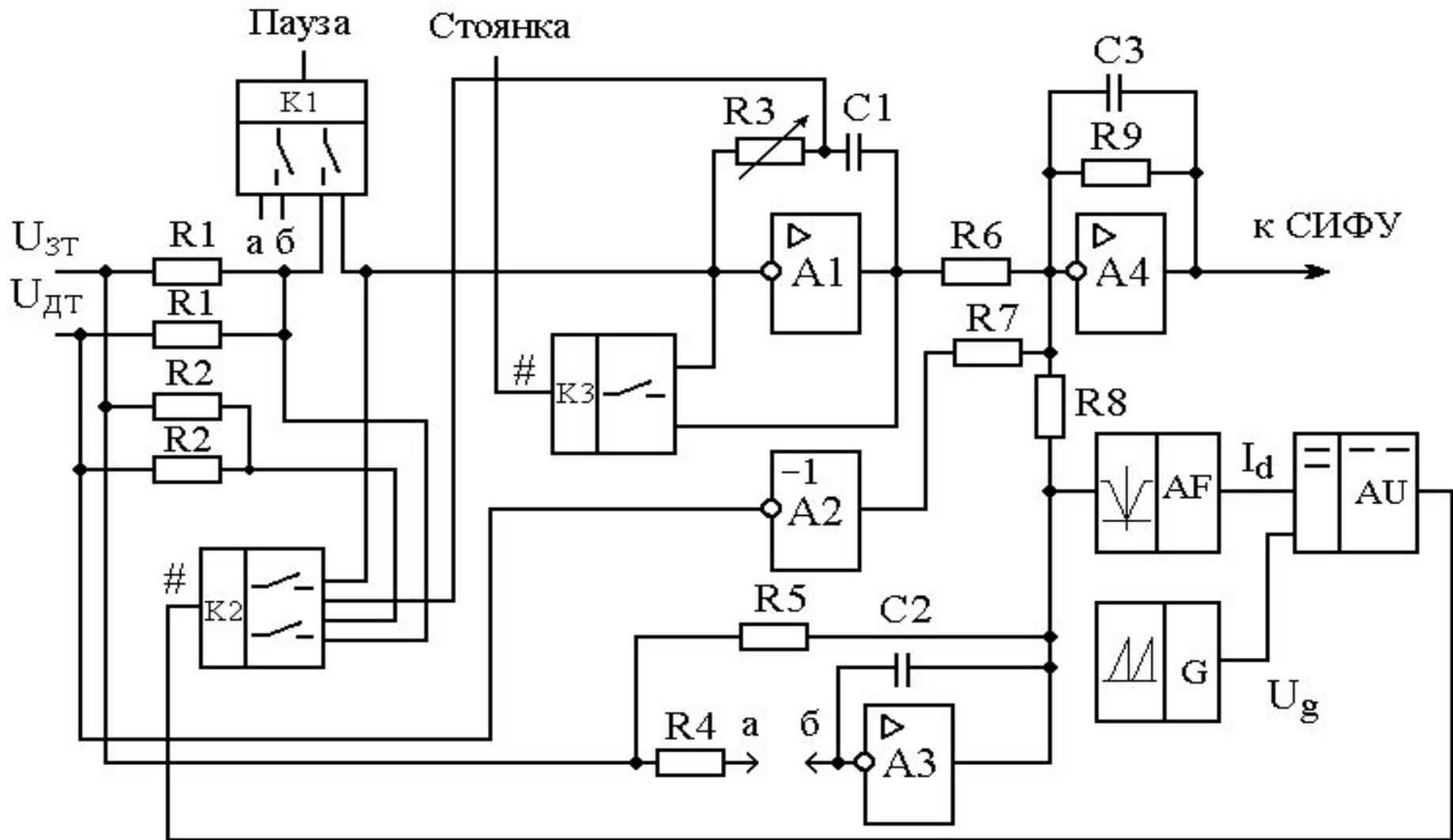
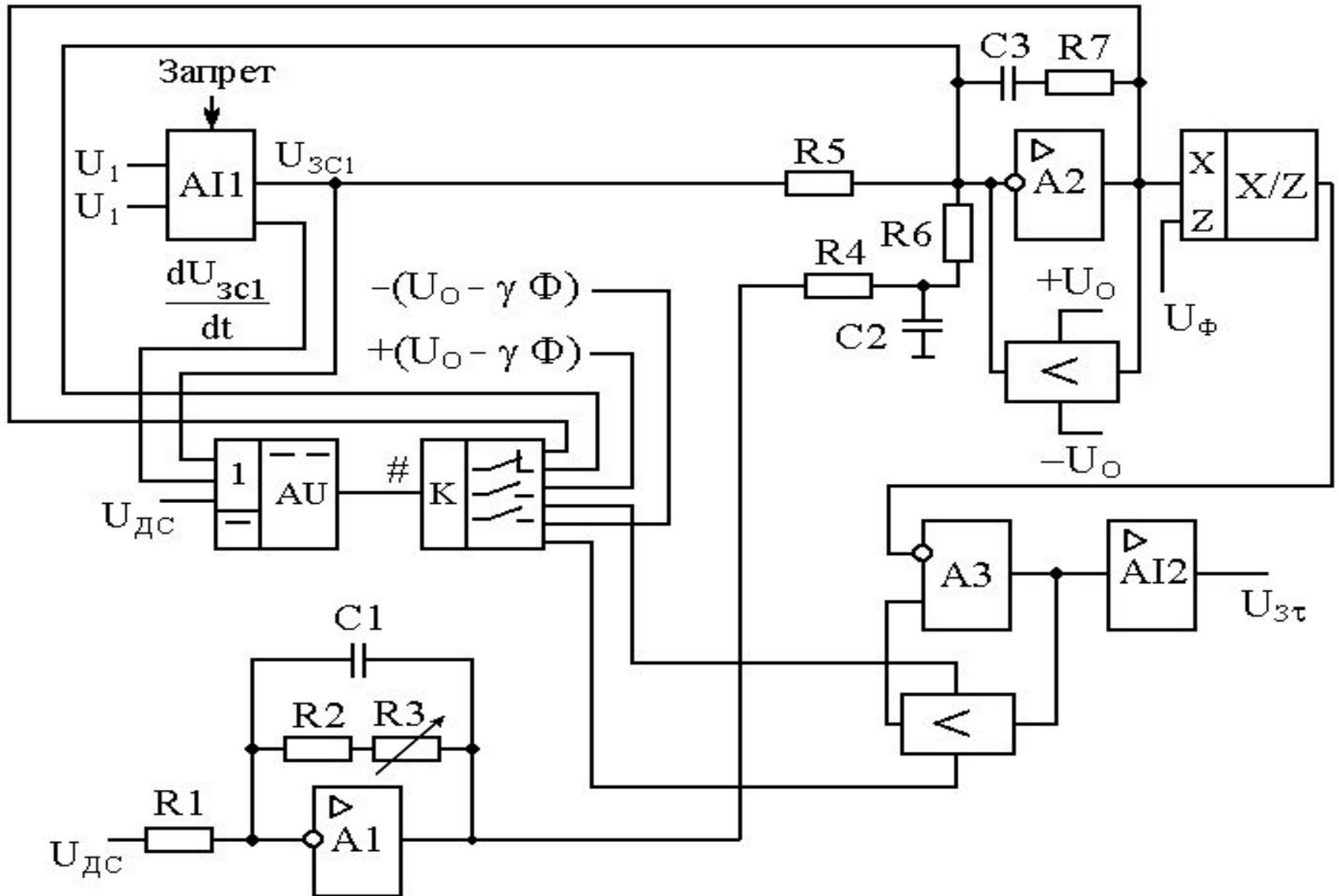


Рис. 2.12. Изменение параметров электропривода в системе двухзонного регулирования

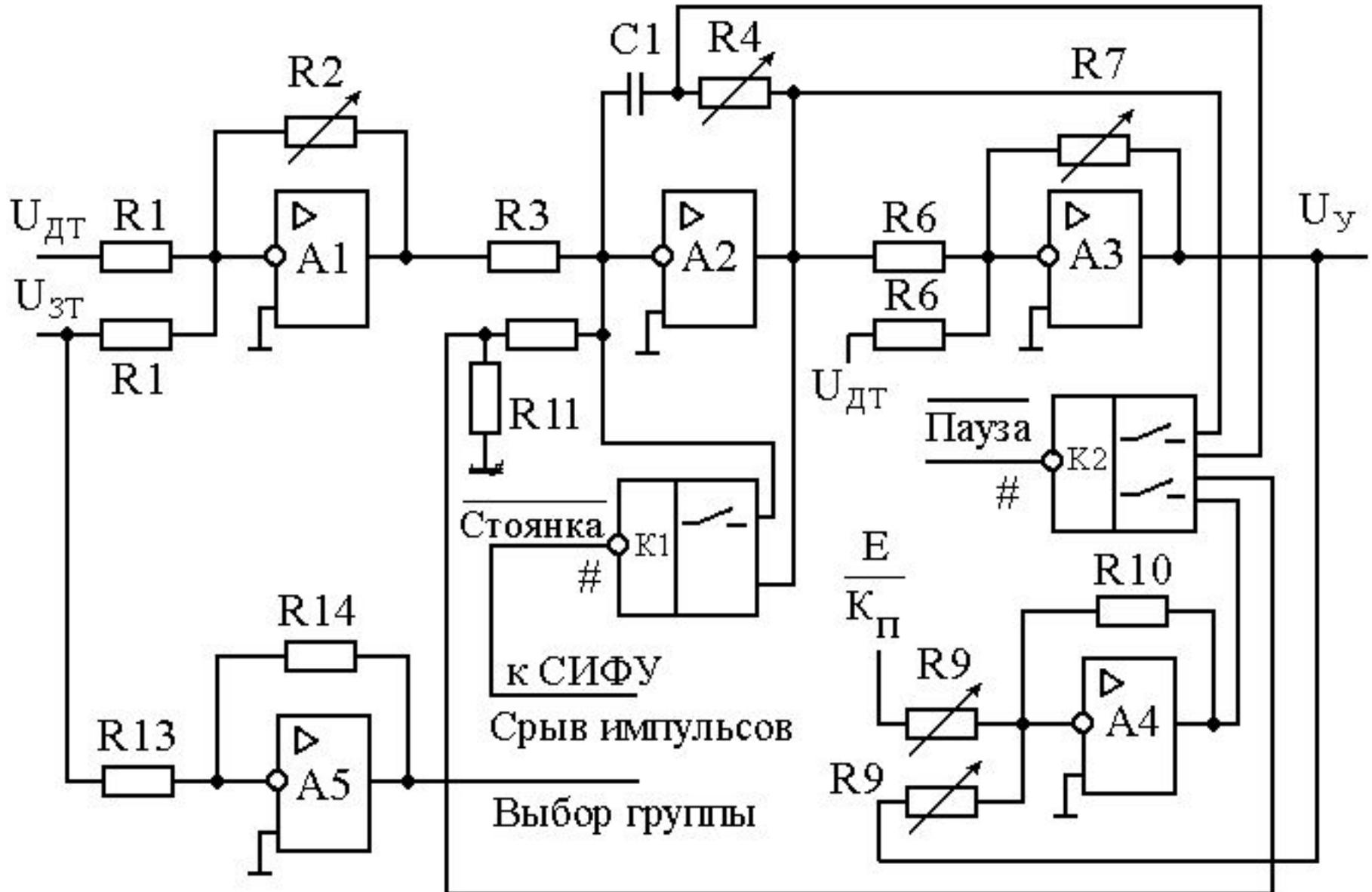
# Адаптивный регулятор тока (КТЭ)



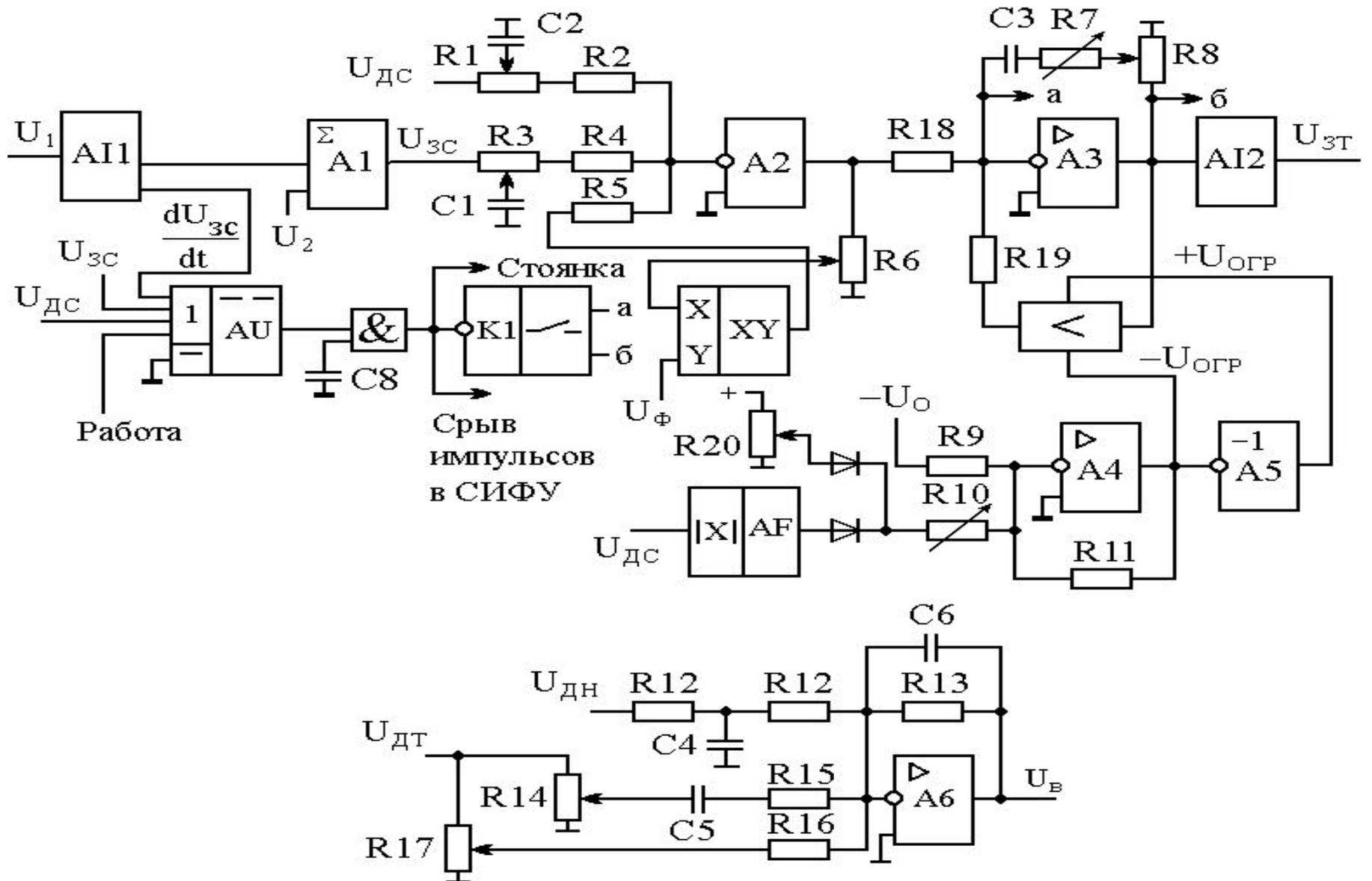
## Регулятор скорости (КТЭ)



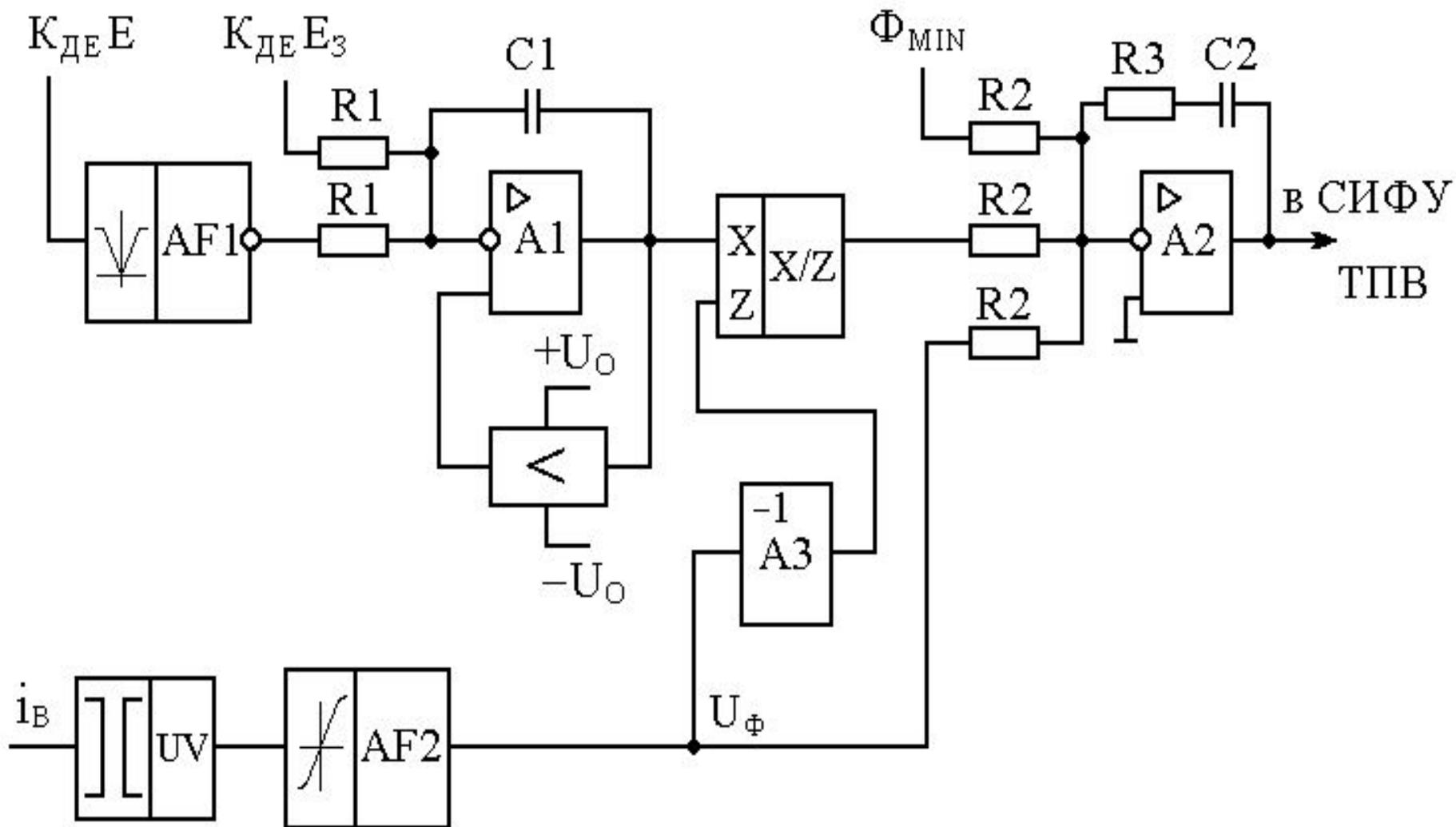
# Регулятор тока (ЭКТ)



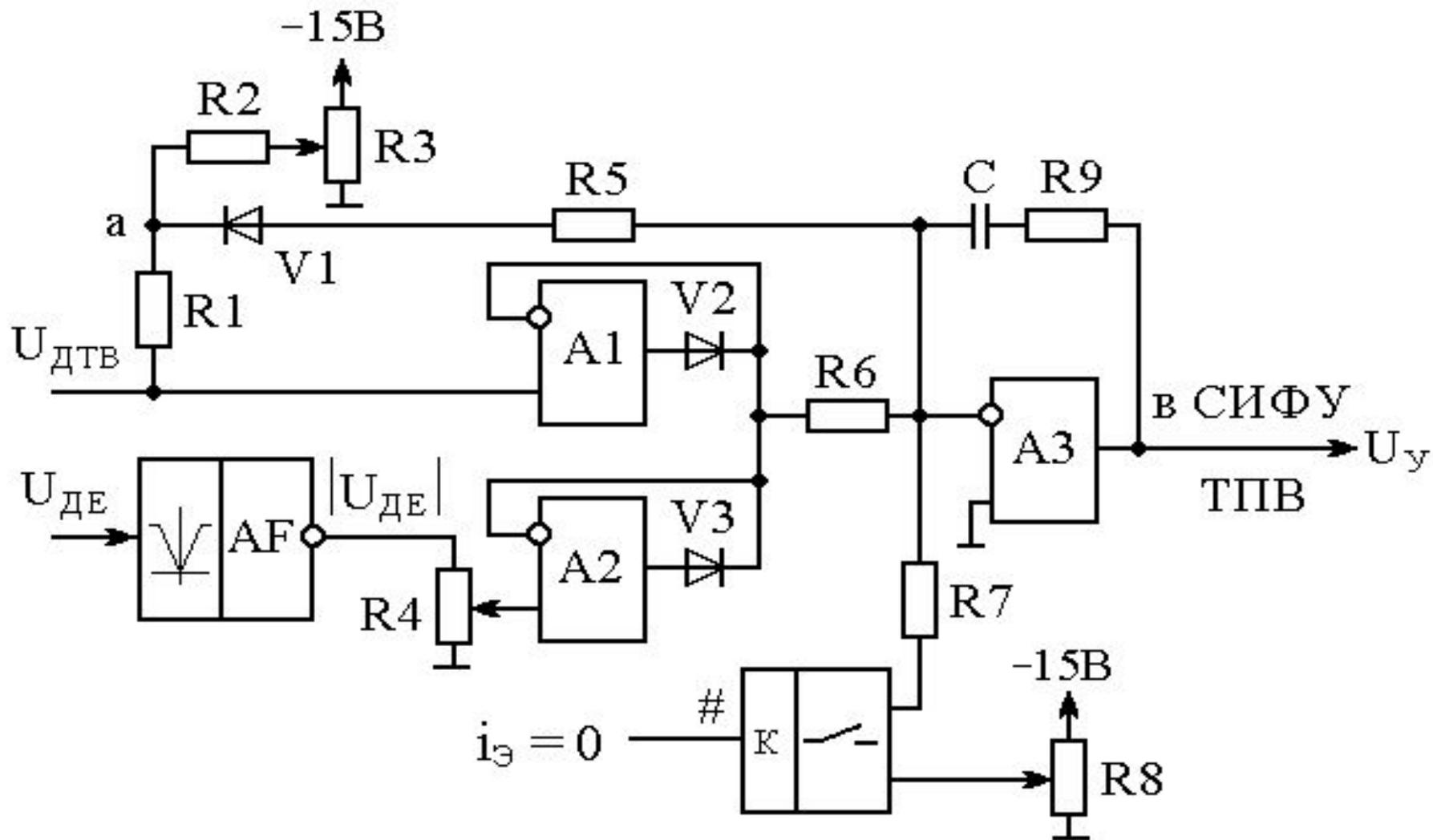
## Регулятор скорости (ЭКТ)



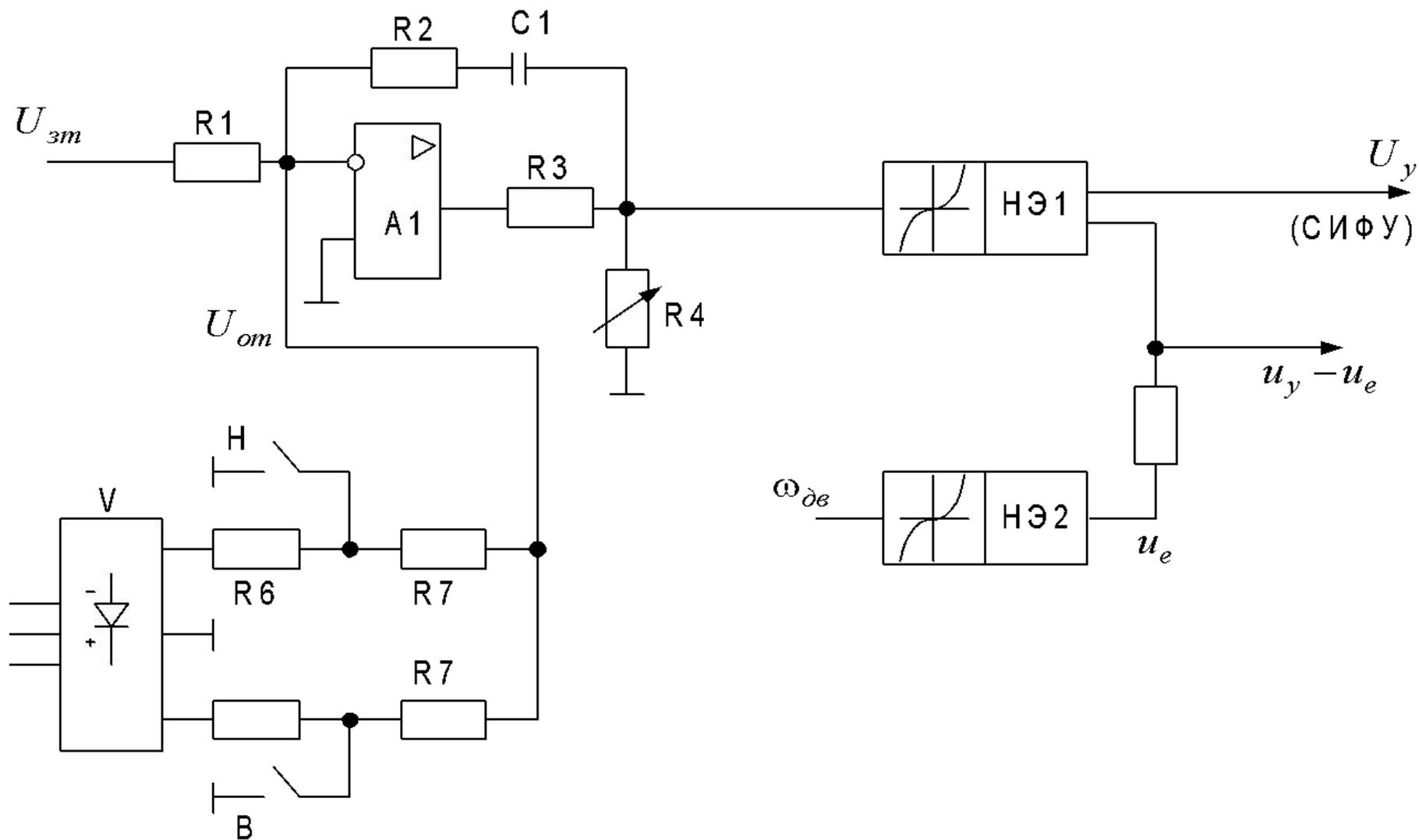
## Регулирование возбуждения (КТЭ)

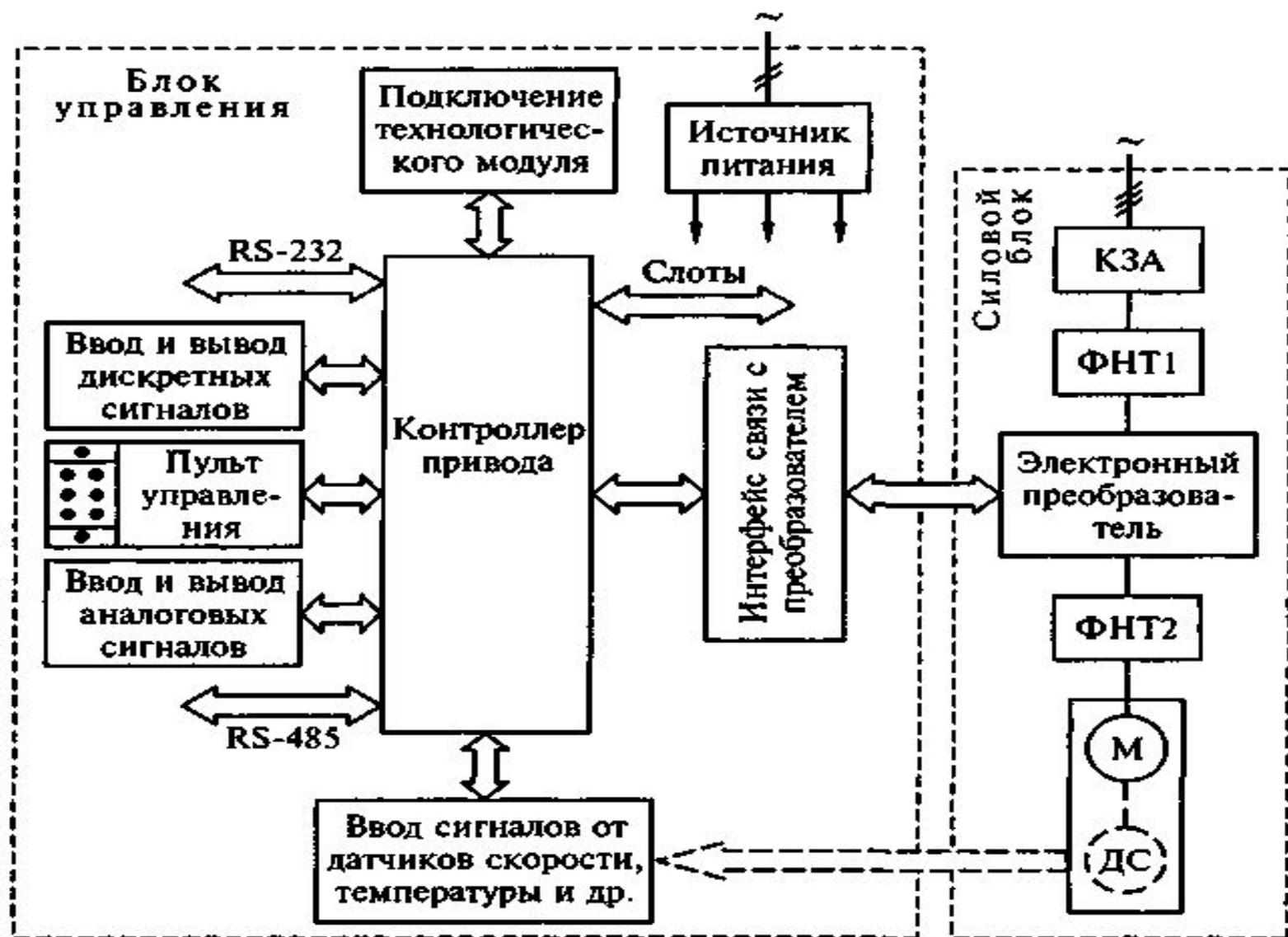


## Регулирование возбуждения (ЭКТ)

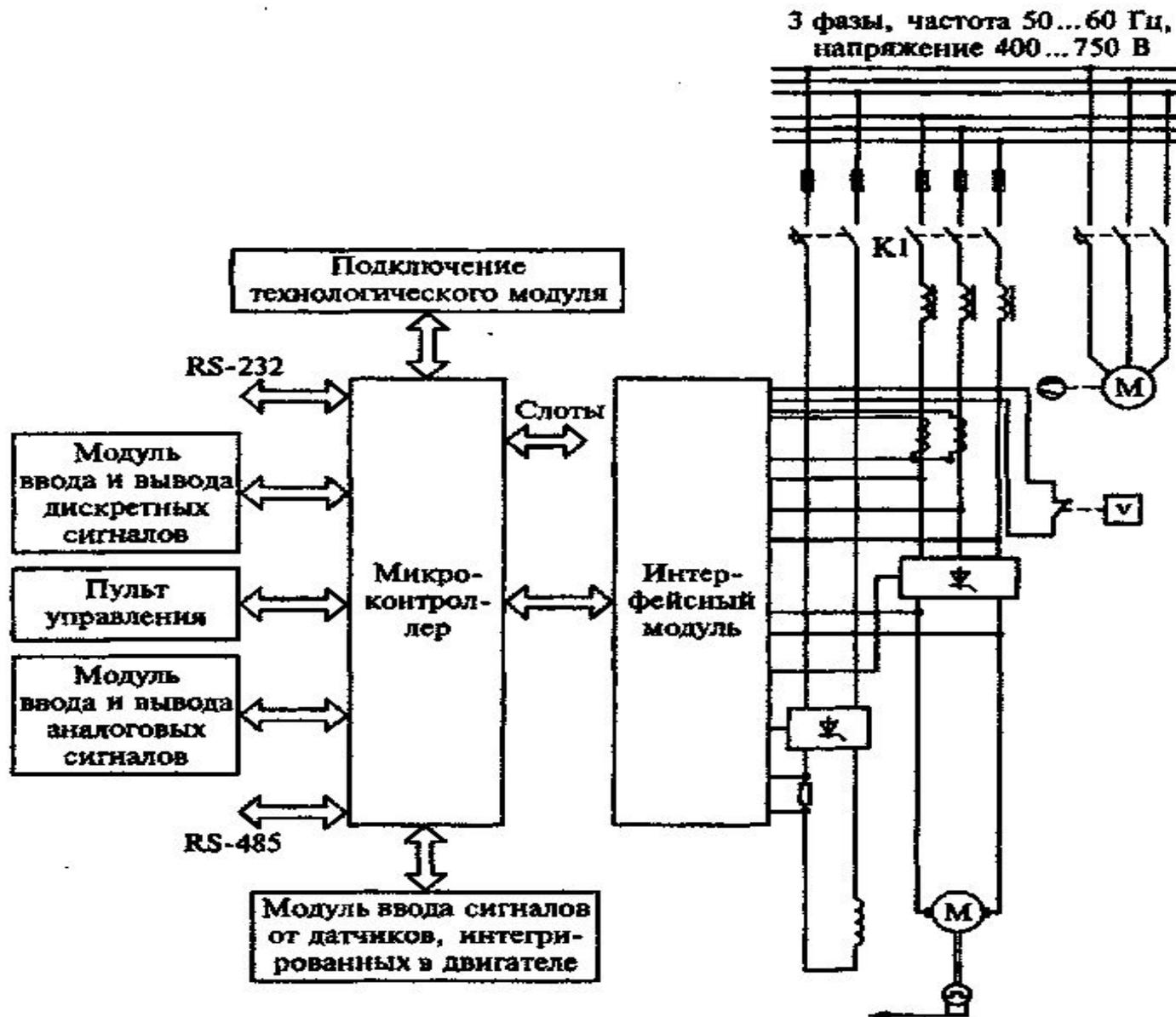


# Регулирование тока в ЭТУ-3601

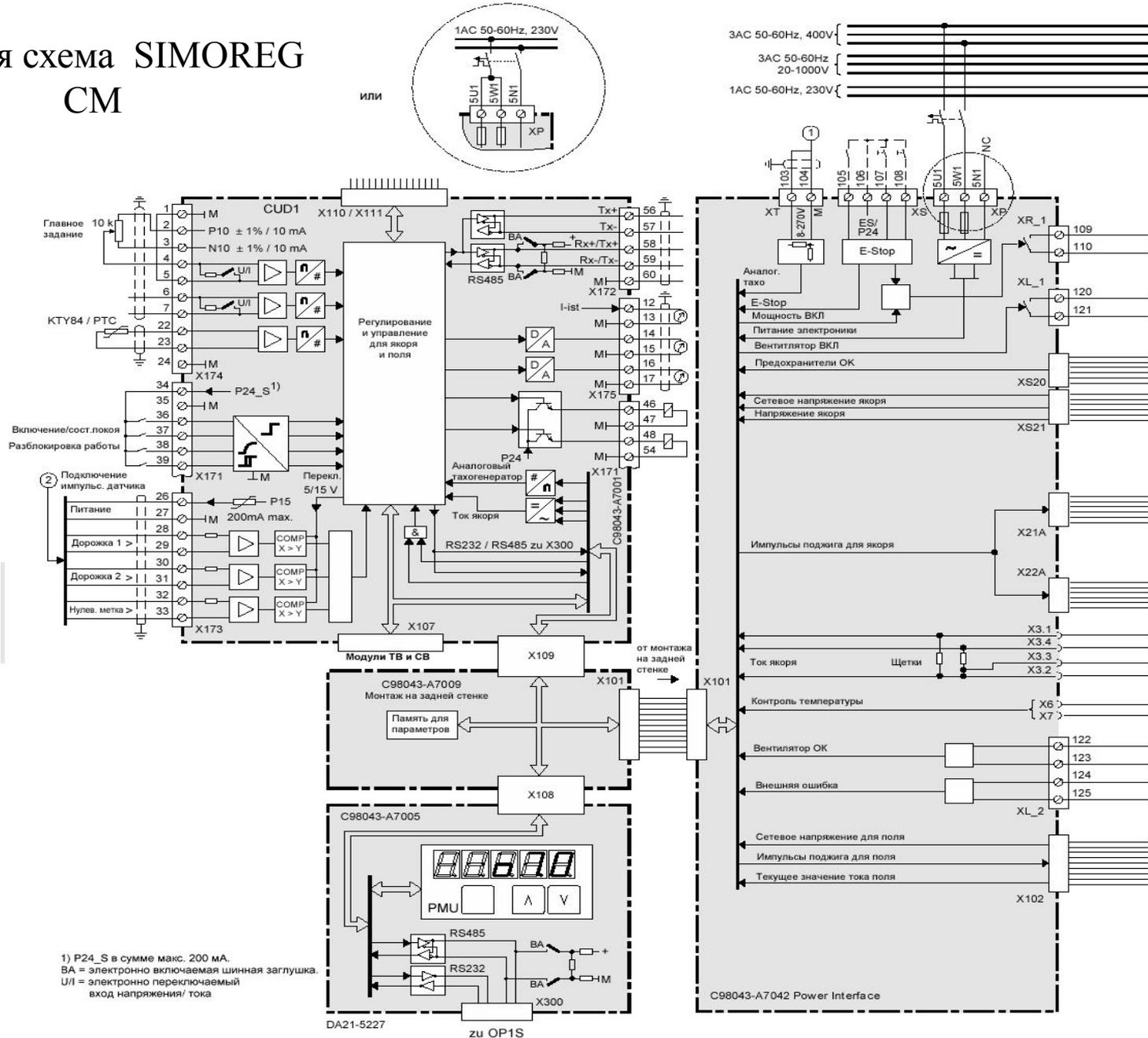




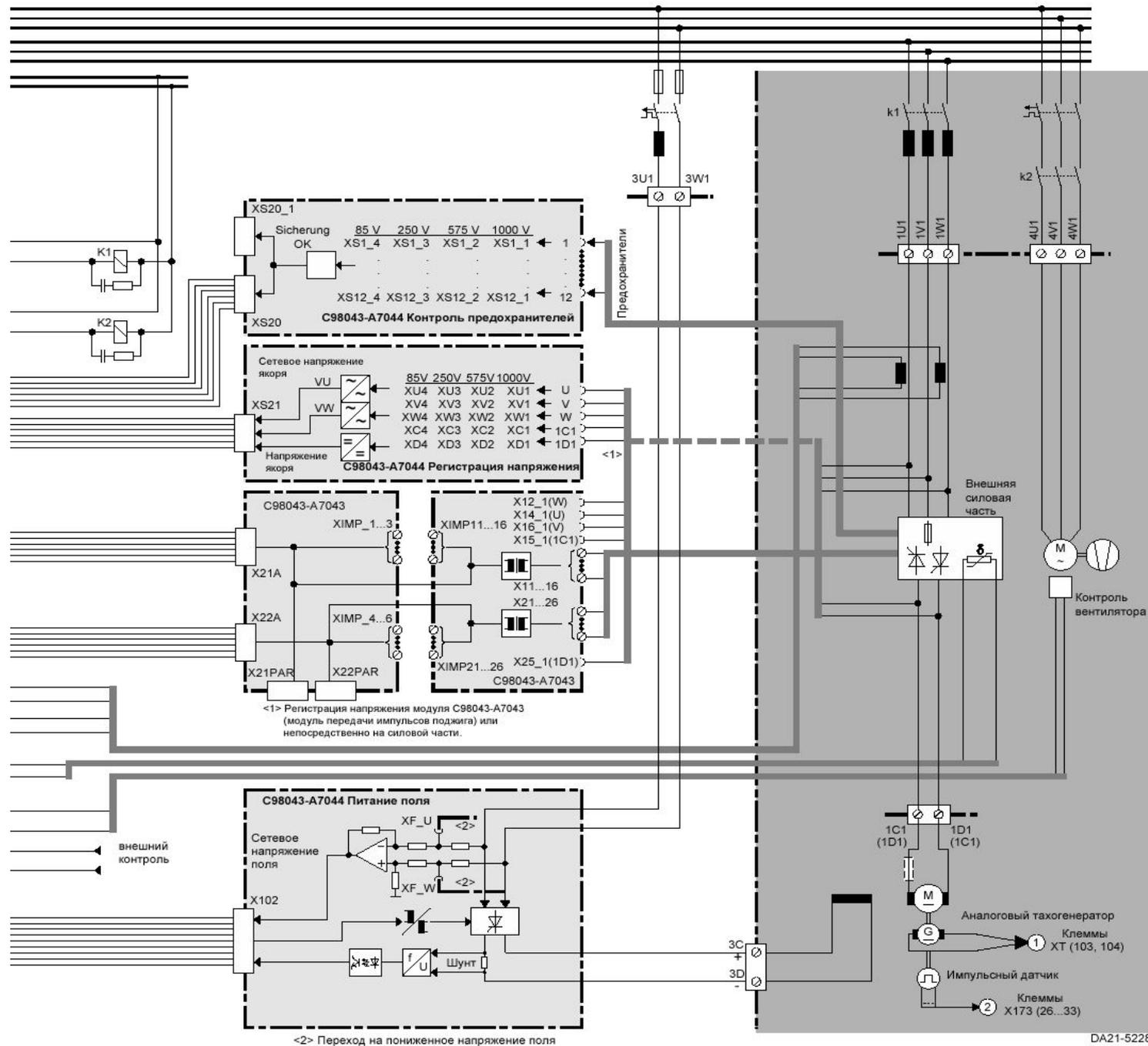
# Вариант модернизации электропривода постоянного тока



# Блочная схема SIMOREG CM

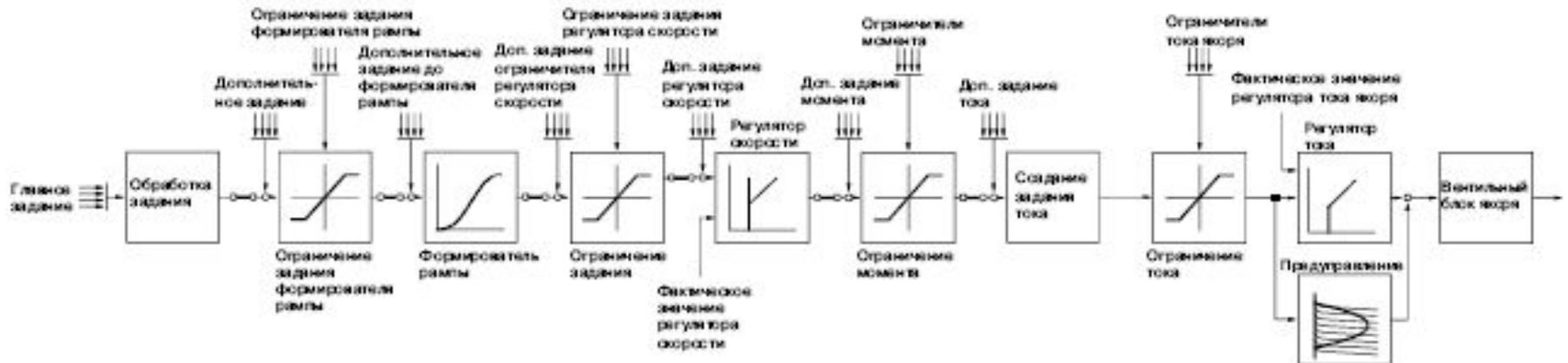


# Блочная схема SIMOREG CM

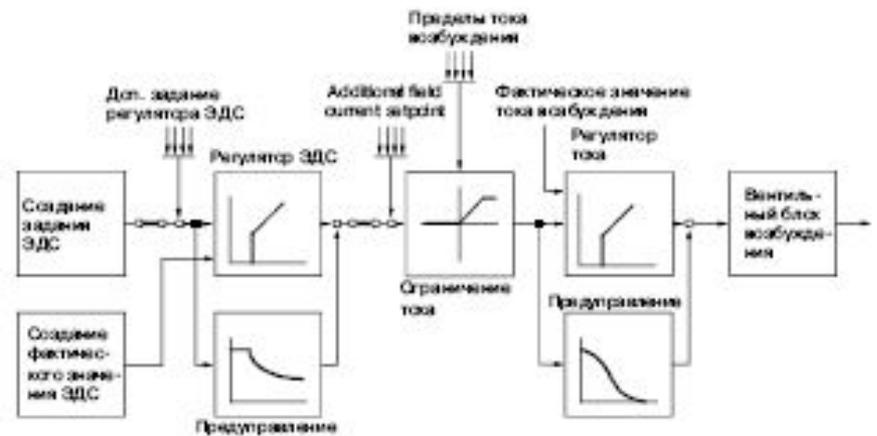


# Система регулирования скорости

## Обзор



### Легенда:



# Регулятор скорости

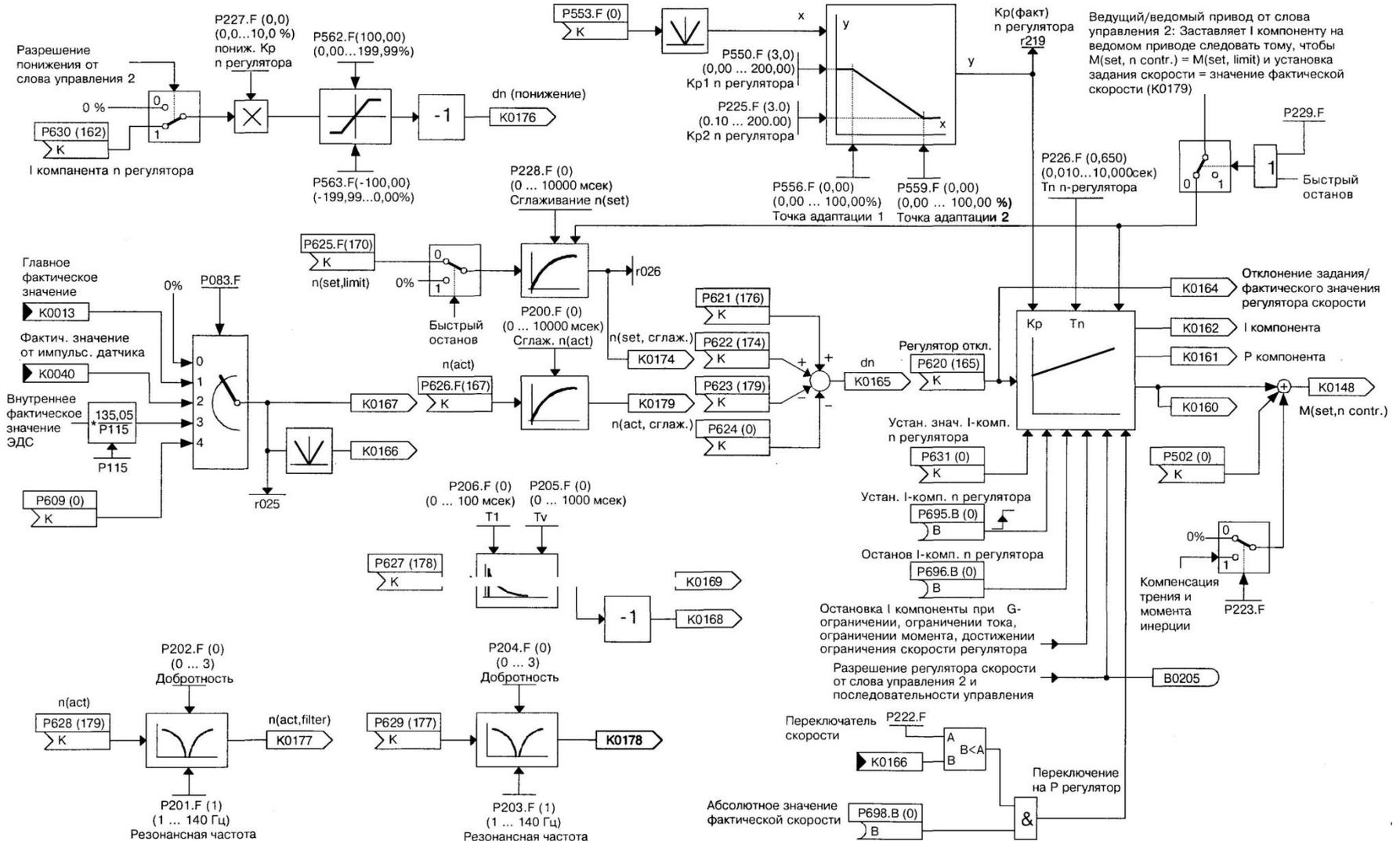


Рисунок 1.17 – Регулятор скорости

# Ограничение тока якоря

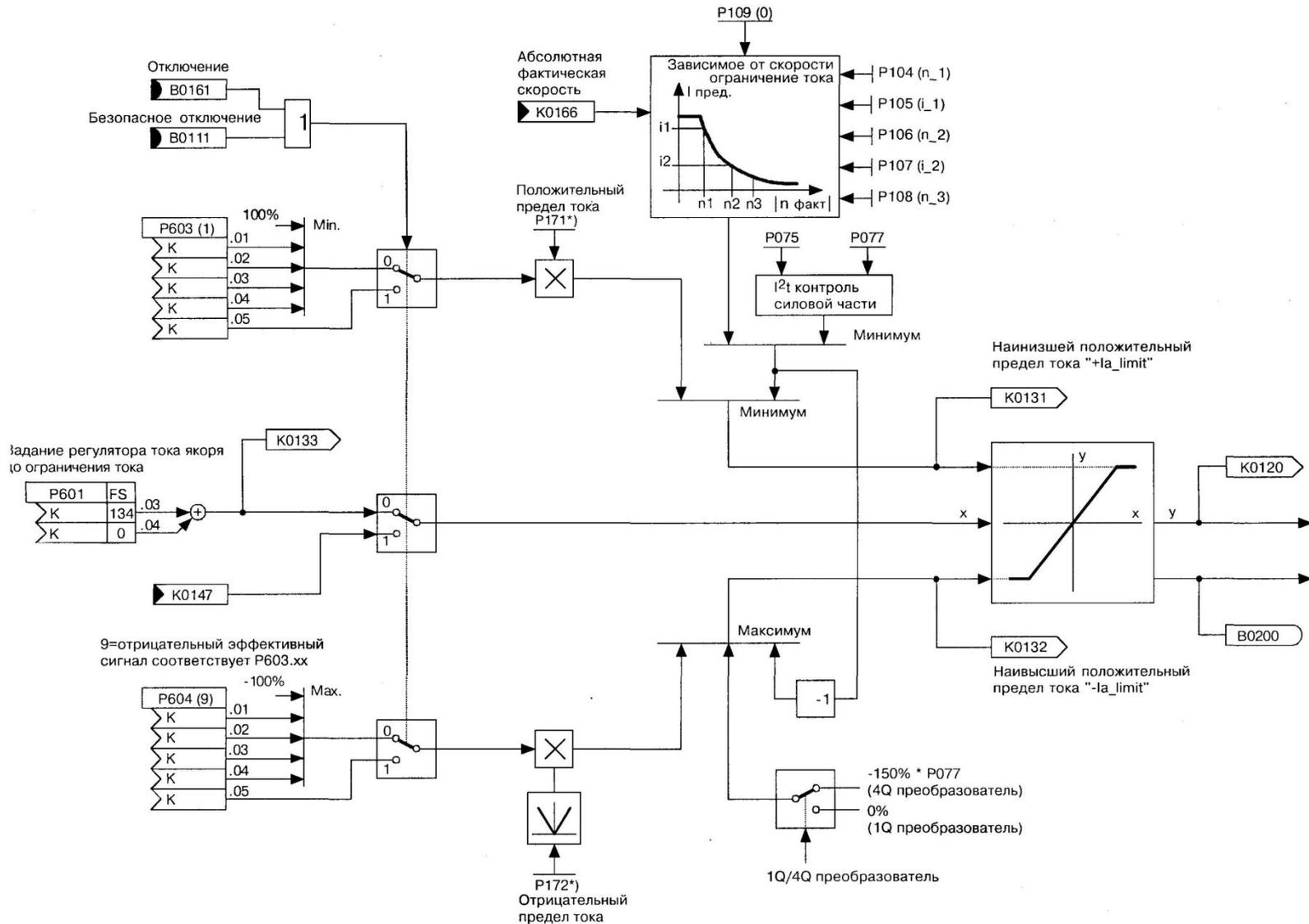
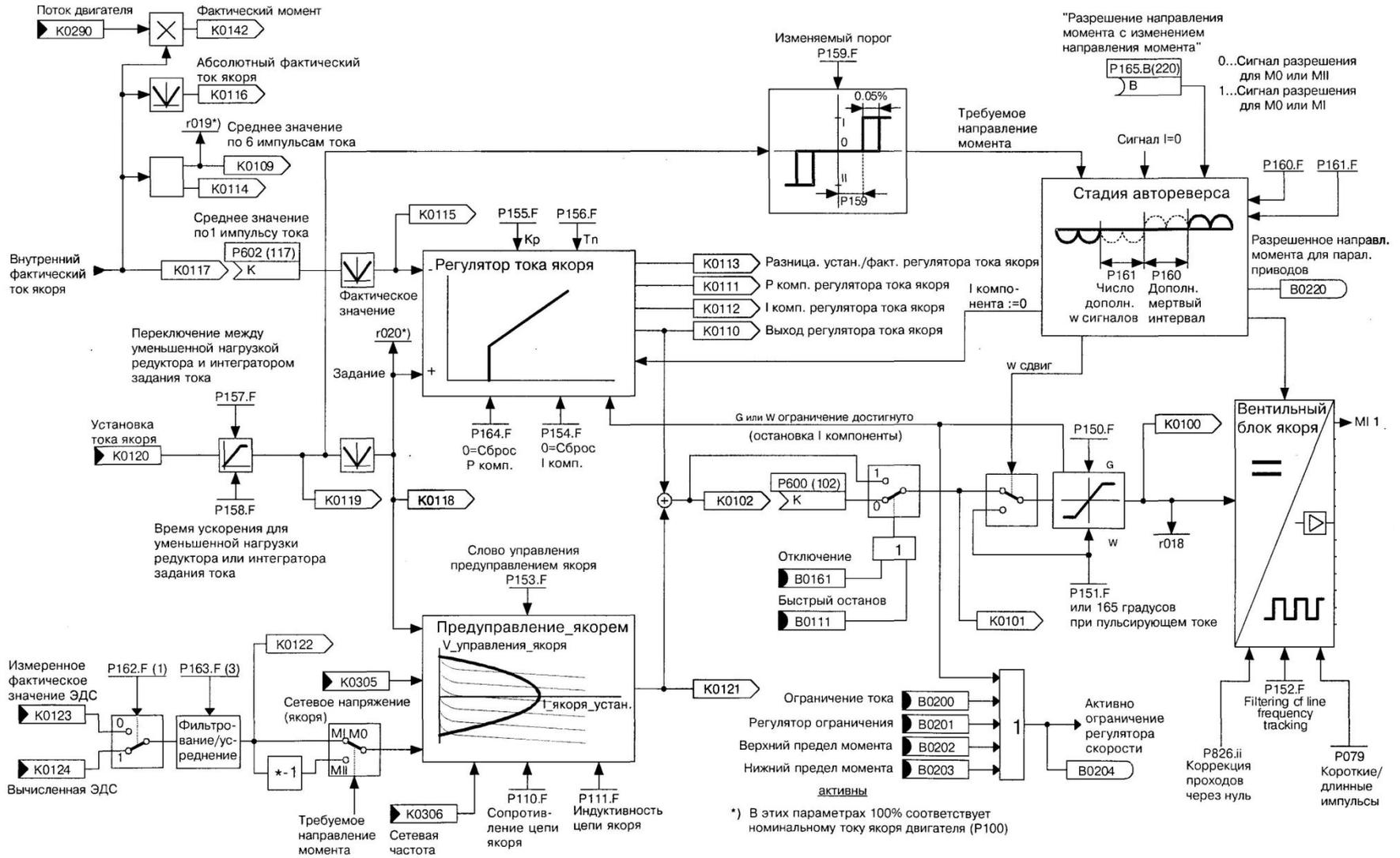


Рисунок 1.18 – Ограничение тока якоря

# Регулятор тока якоря



\*) В этих параметрах 100% соответствует номинальному току якоря двигателя (P100)

Рисунок 1.19 – Регулятор тока якоря

# Регулятор ЭДС

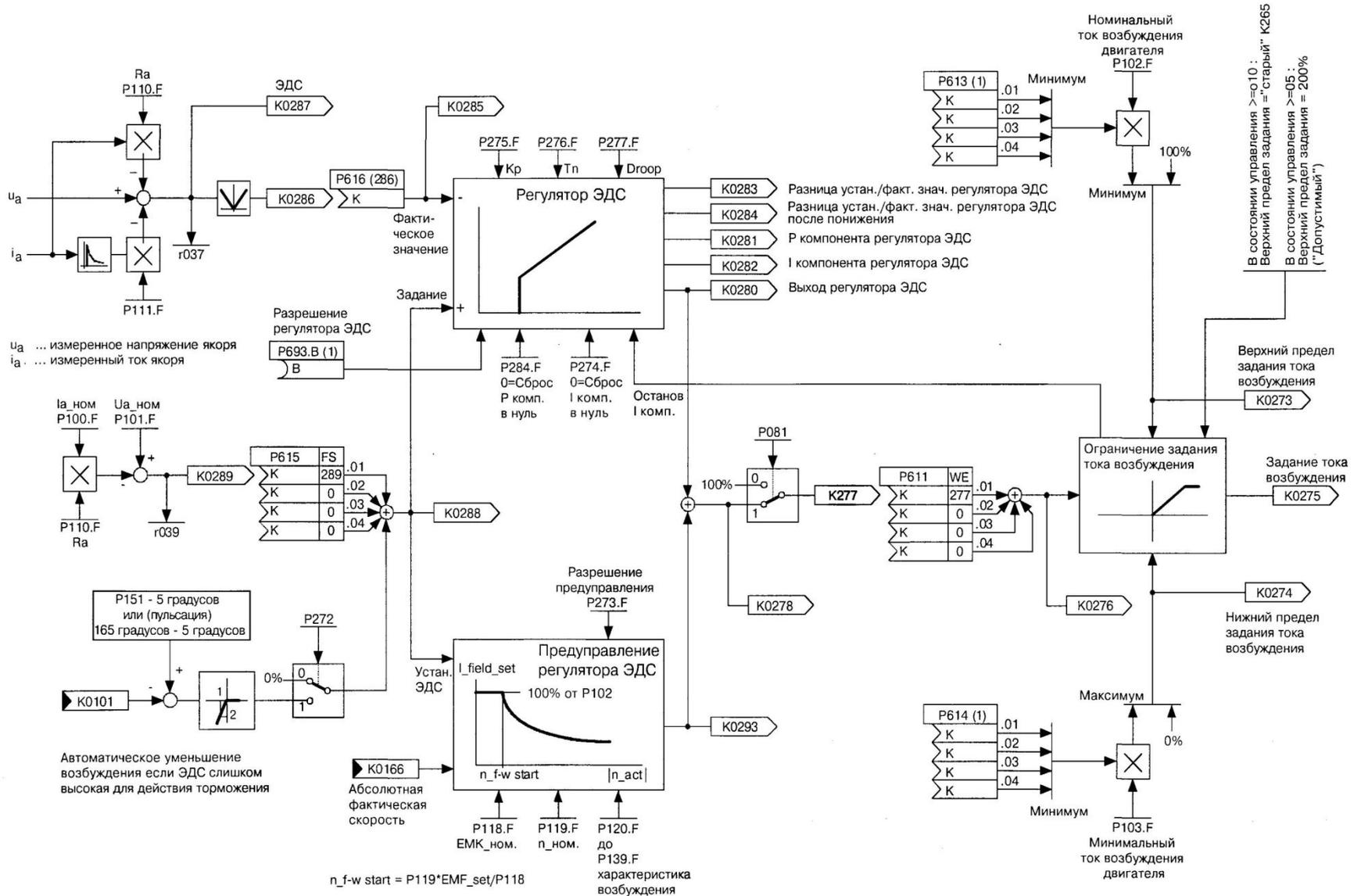


Рисунок 1.20 – Регулятор ЭДС

# Регулятор тока возбуждения двигателя

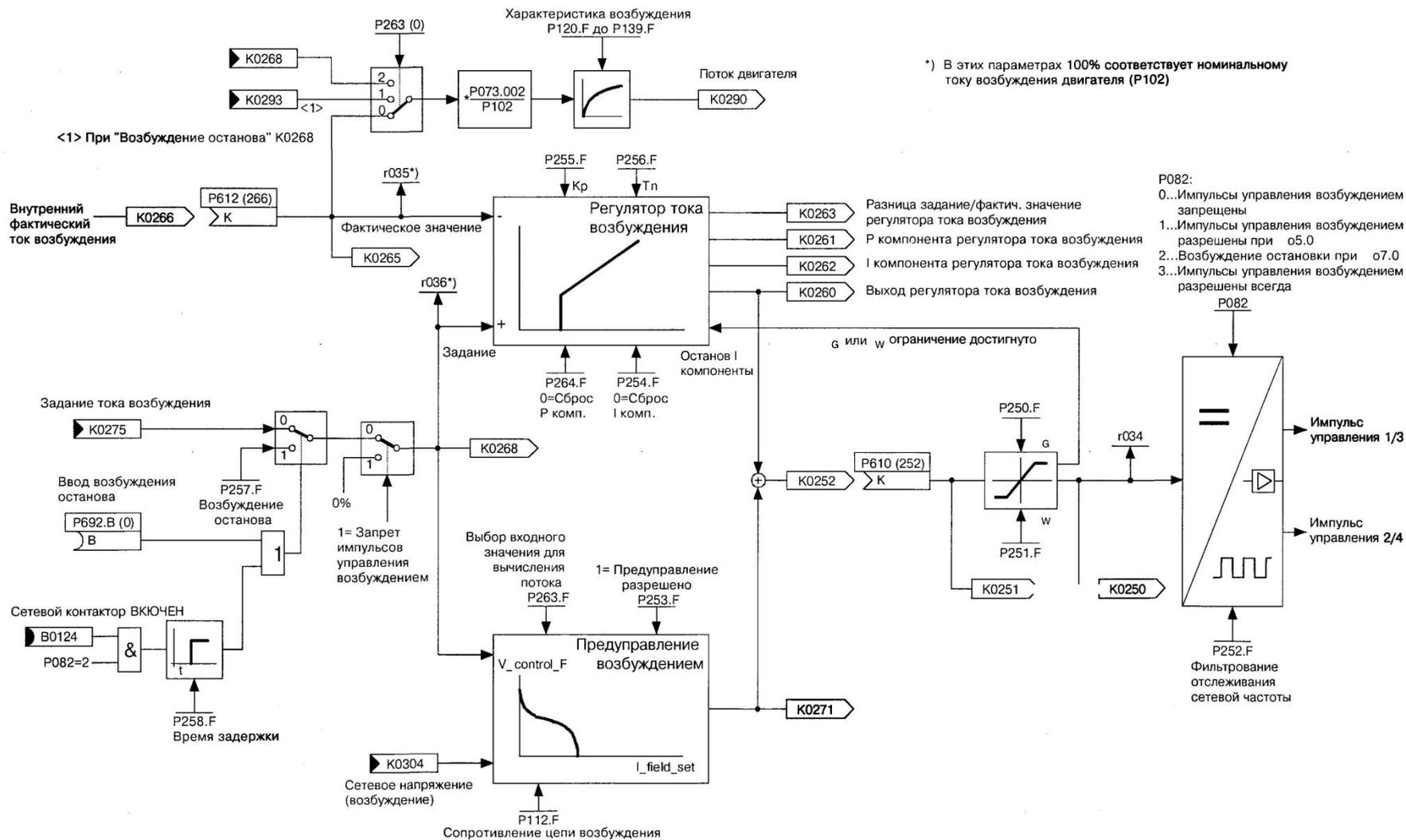
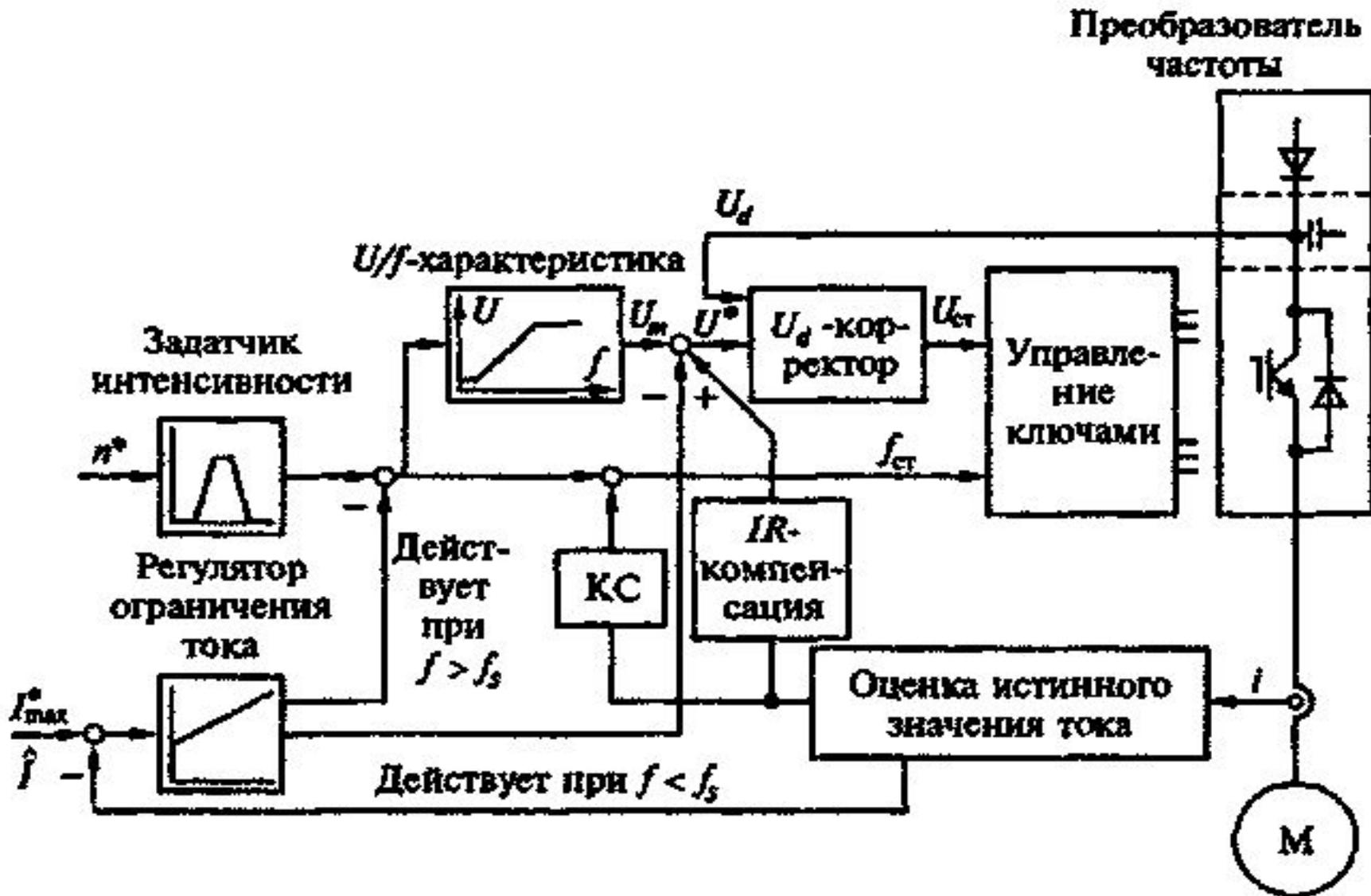
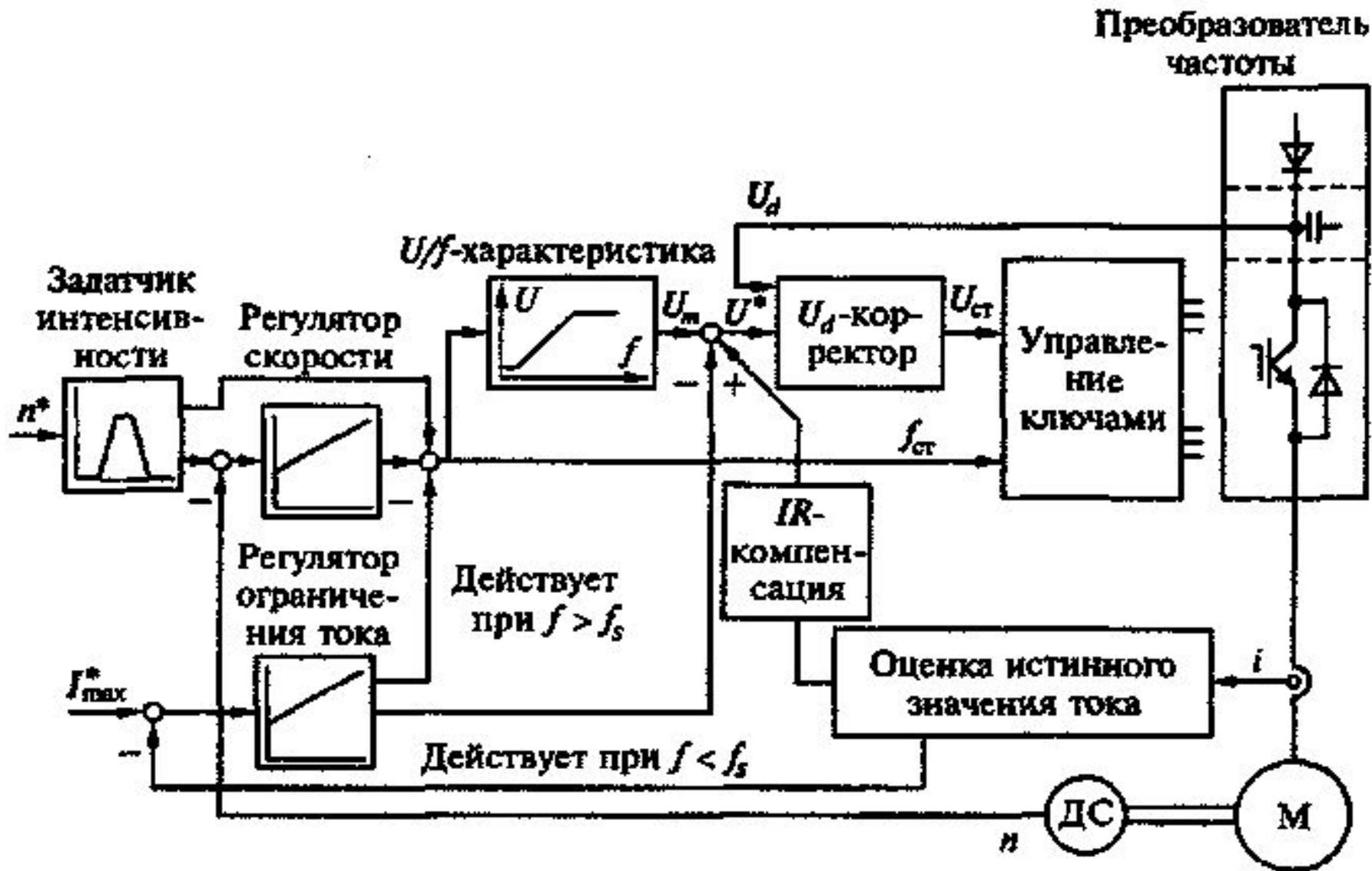


Рисунок 1.21 – Регулятор тока возбуждения двигателя

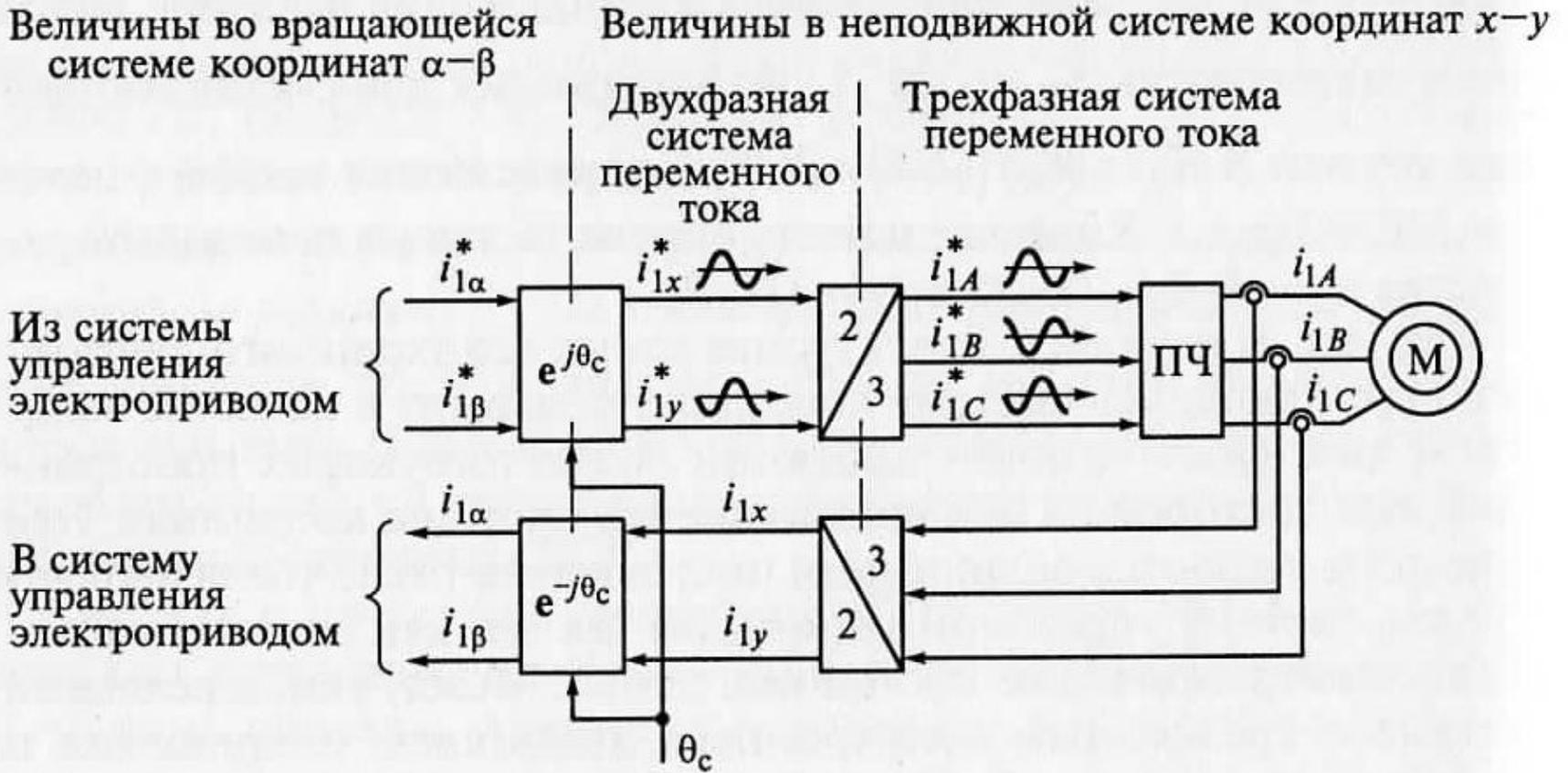
# Управление по U/f-характеристике без датчика скорости



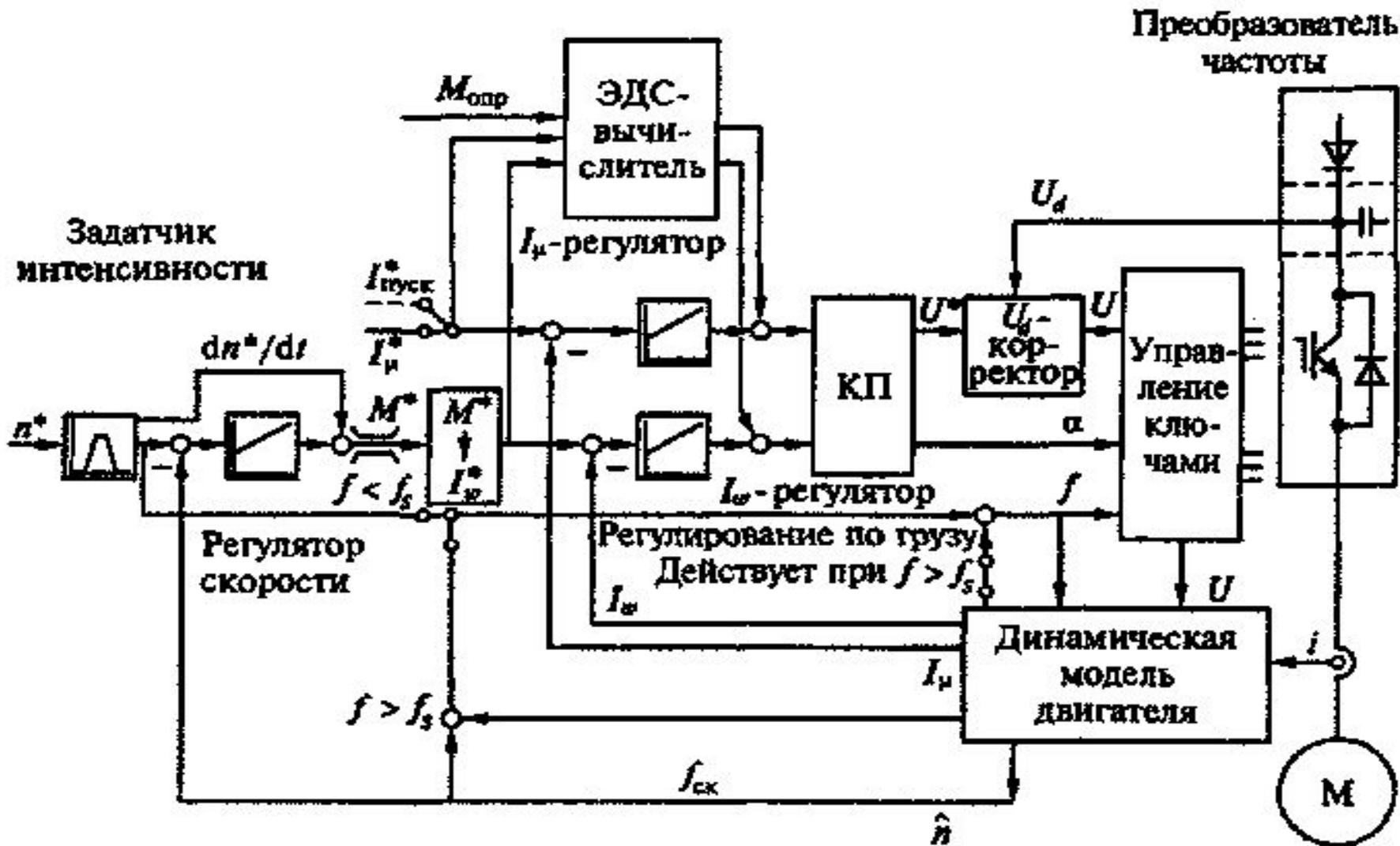
# Управление по U/f-характеристике с датчиком скорости



# Преобразование координат при векторном управлении

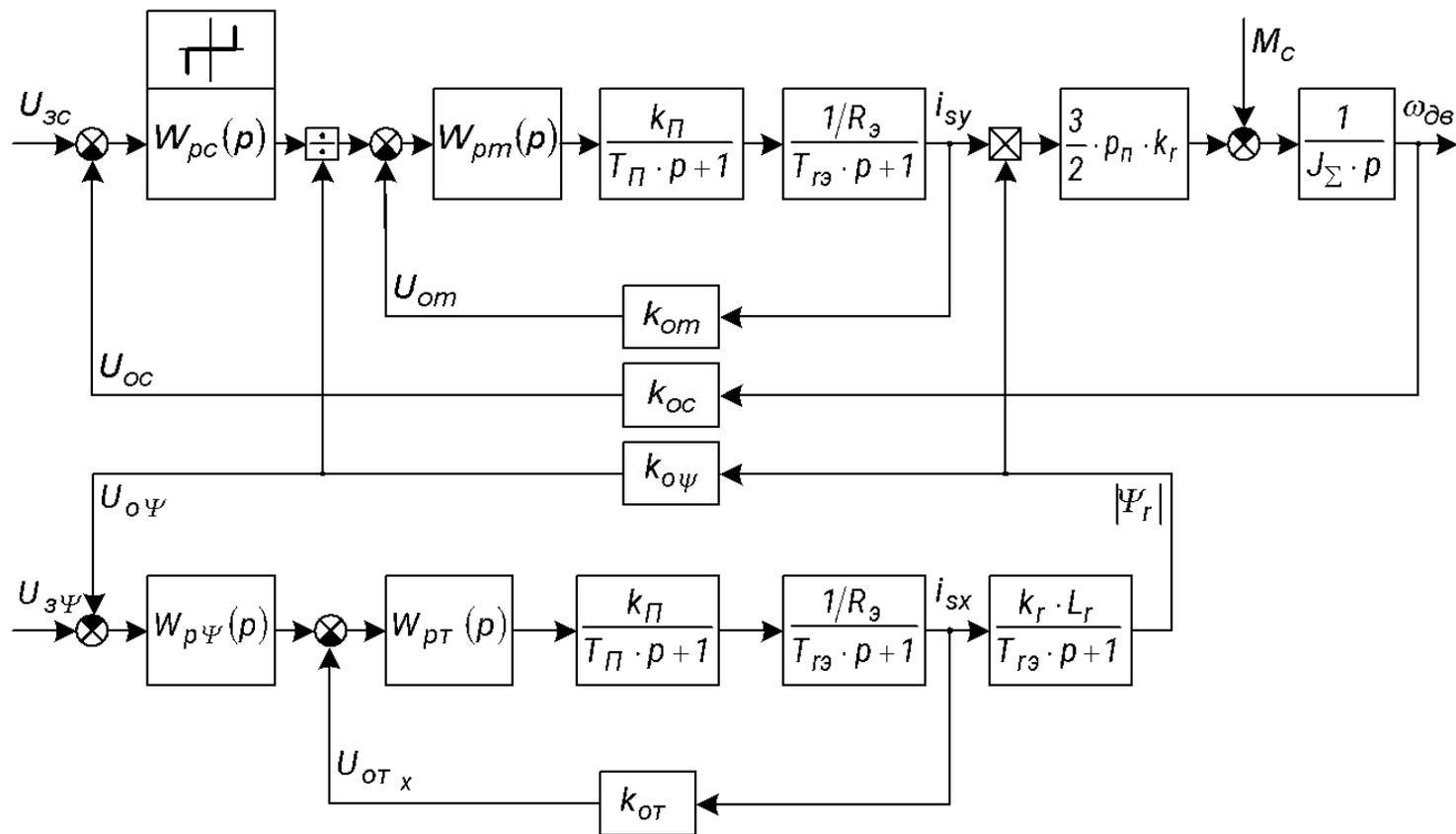


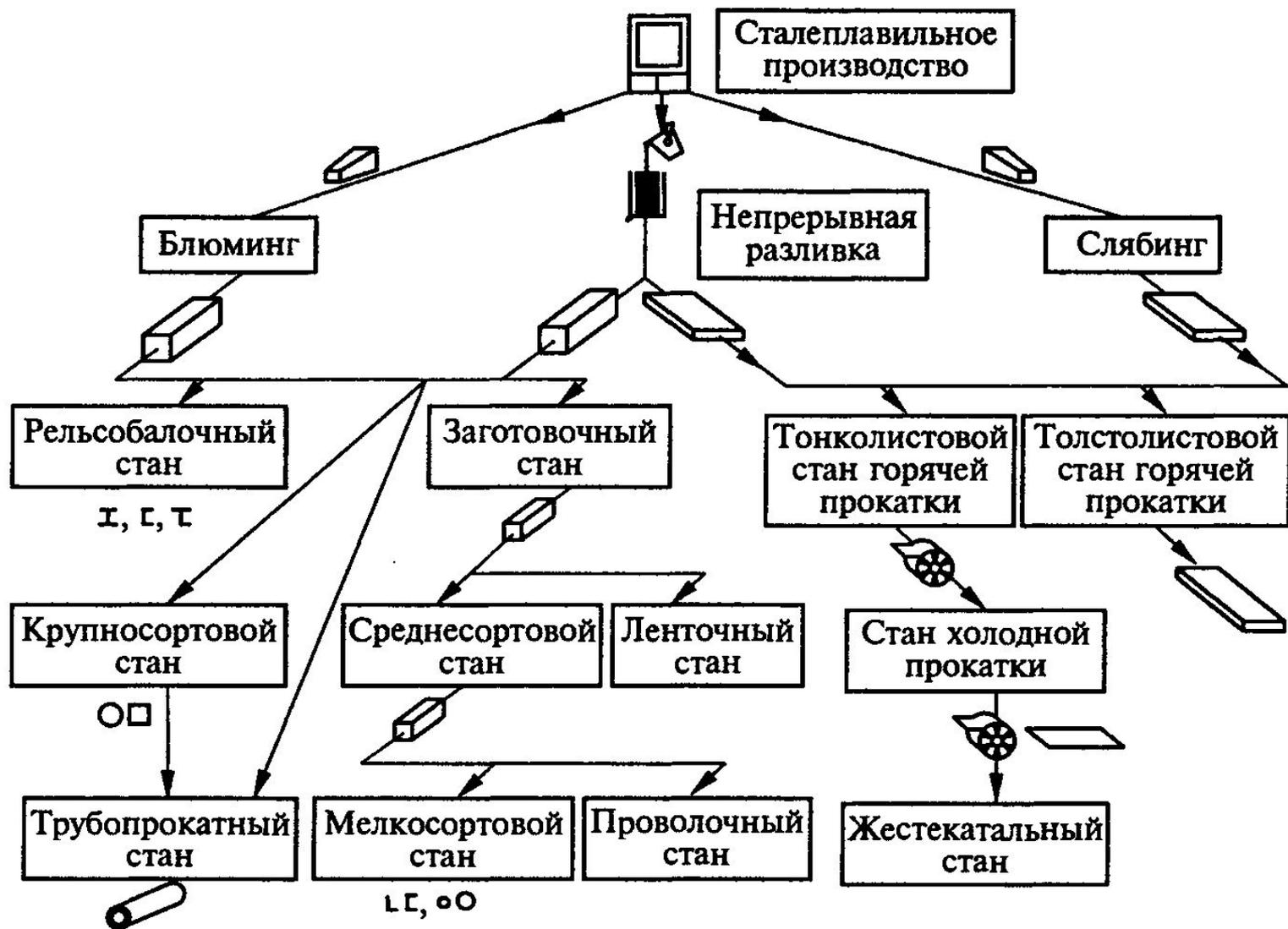
# Векторное управление электроприводом переменного тока без датчика скорости

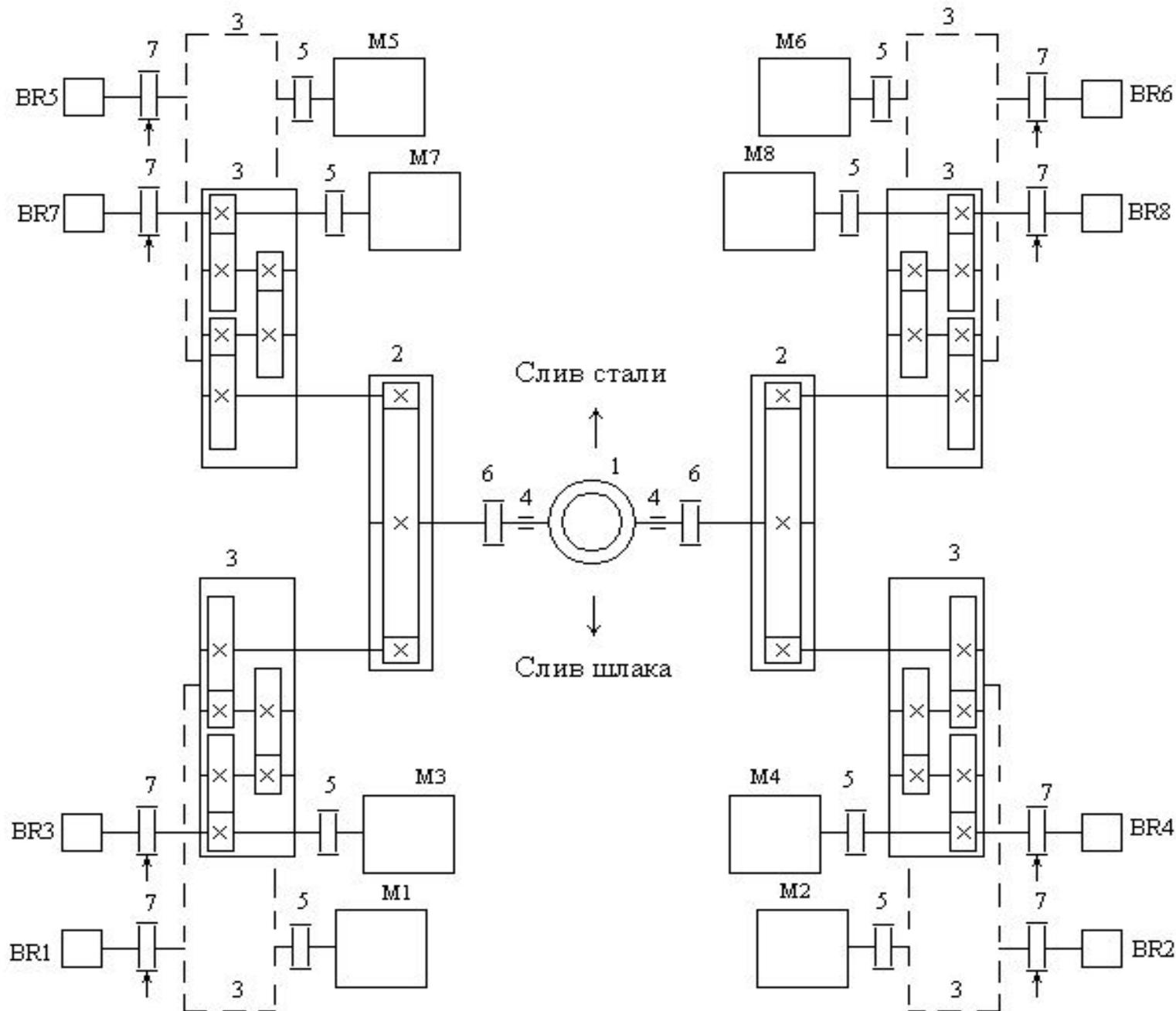




# Структурная схема электропривода с векторным управлением асинхронным двигателем







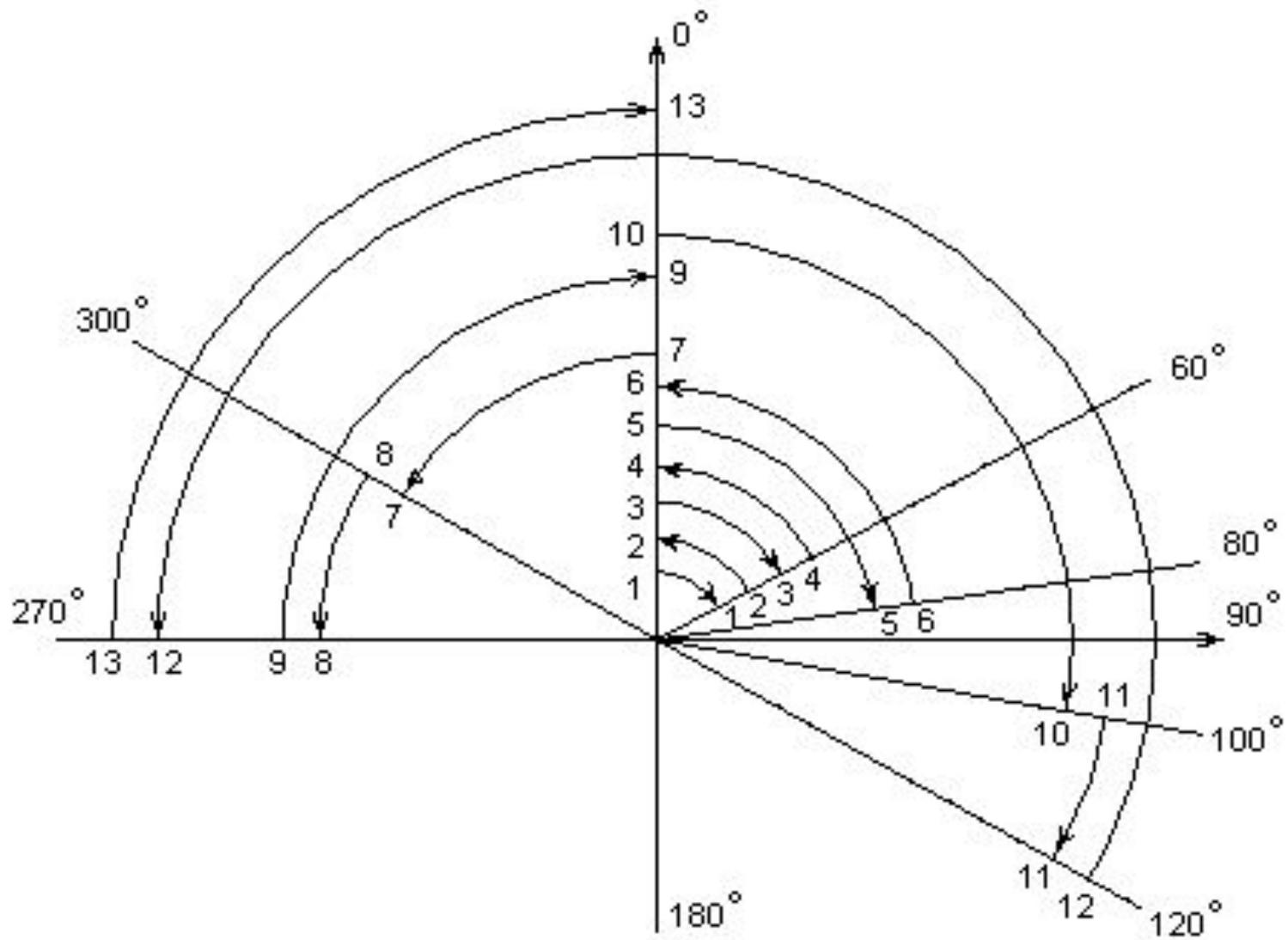


Таблица 1.2 – Цикл работы конвертера

Интервал на циклограмме	Наименование операции	Угол поворота, $\varphi$ , град	Скорость, град/с	Время движения, с			Время покоя, с
				Разгон	Установившееся движение	Торможение	
1-1	Поворот под загрузку скрапа, завалка скрапа	0-60	6	3	7	3	70
2-2	Поворот в вертикальное положение	60-0	1,5	0,75	39,3	0,75	-
3-3	Поворот под заливку чугуна, заливка чугуна	0-60	1,5	0,75	39,3	0,75	115
4-4	Поворот в вертикальное положение под продувку	60-0	1,5	0,75	39,3	0,75	720
5-5	Наклон для отбора проб	0-80	6	3	10,3	3	110
6-6	Поворот в вертикальное положение, ожидание результатов анализа	80-0	6	3	10,3	3	120
7-7	Наклон для слива стали	0-60	6	3	7	3	-
8-8	Слив стали (8-10 остановок)	60-90	0,6	0,3	49,7	0,3	378
9-9	Поворот в вертикальное положение	90-0	6	3	12	3	-

Таблица 1.2 – Цикл работы конвертера

Продолжение таблицы 1.2

Интервал на циклограмме	Наименование операции	Угол поворота,  $\varphi$ , град	Скорость, град/с	Время движения, с			Время покоя, с
				Разгон	Установившееся движение	Торможение	
10-10	Наклон для слива шлака	0-100	6	3	13,7	3	-
11-11	Слив шлака (8-10 остановок)	100-120	0,6	0,3	33	0,3	146,4
12-12	Наклон для осмотра	120-0-90	1,5	0,75	139,3	0,75	19,2
13-13	Поворот в вертикальное положение	90-0	6	3	12	3	20
	Один цикл	-	-	24,6	416,7	24,6	1698,6

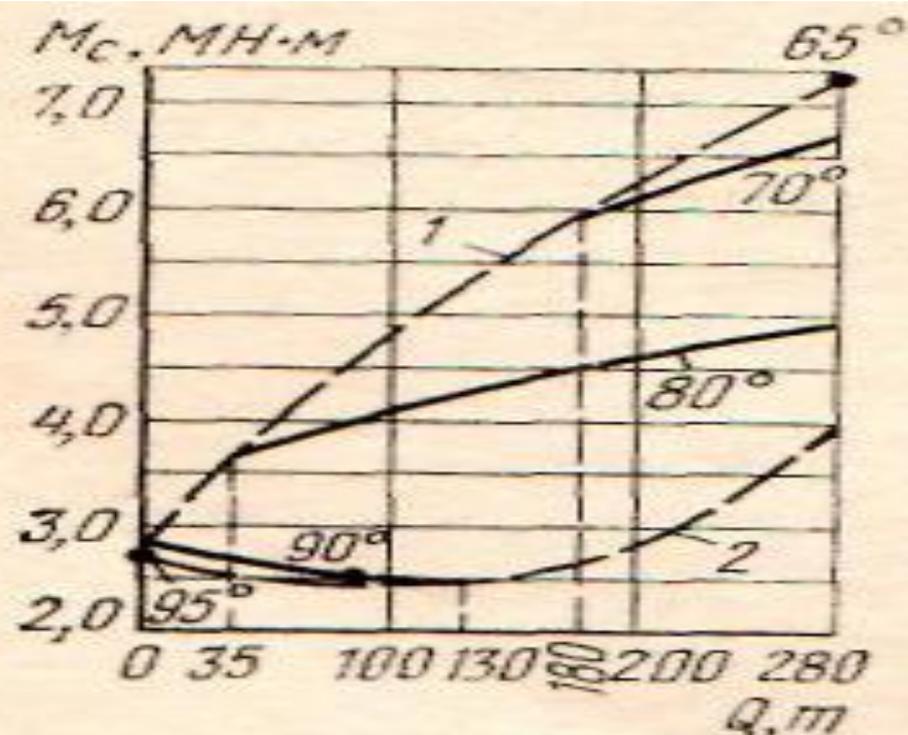


Рис. 9. Зависимости статических моментов на цапфе от количества металла в конвертере:

1 — границная кривая, соответствующая появлению шлака в сталевыпускном отверстии; 2 — границная кривая, соответствующая началу слива шлака через горловину конвертера

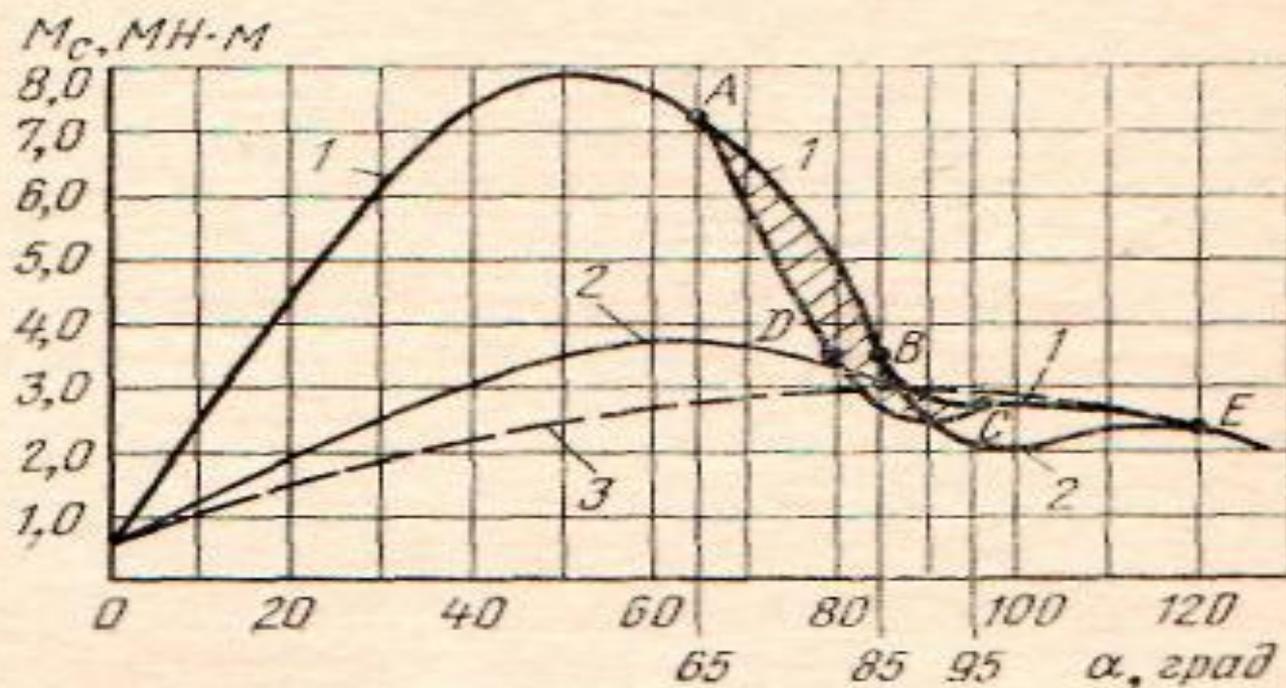
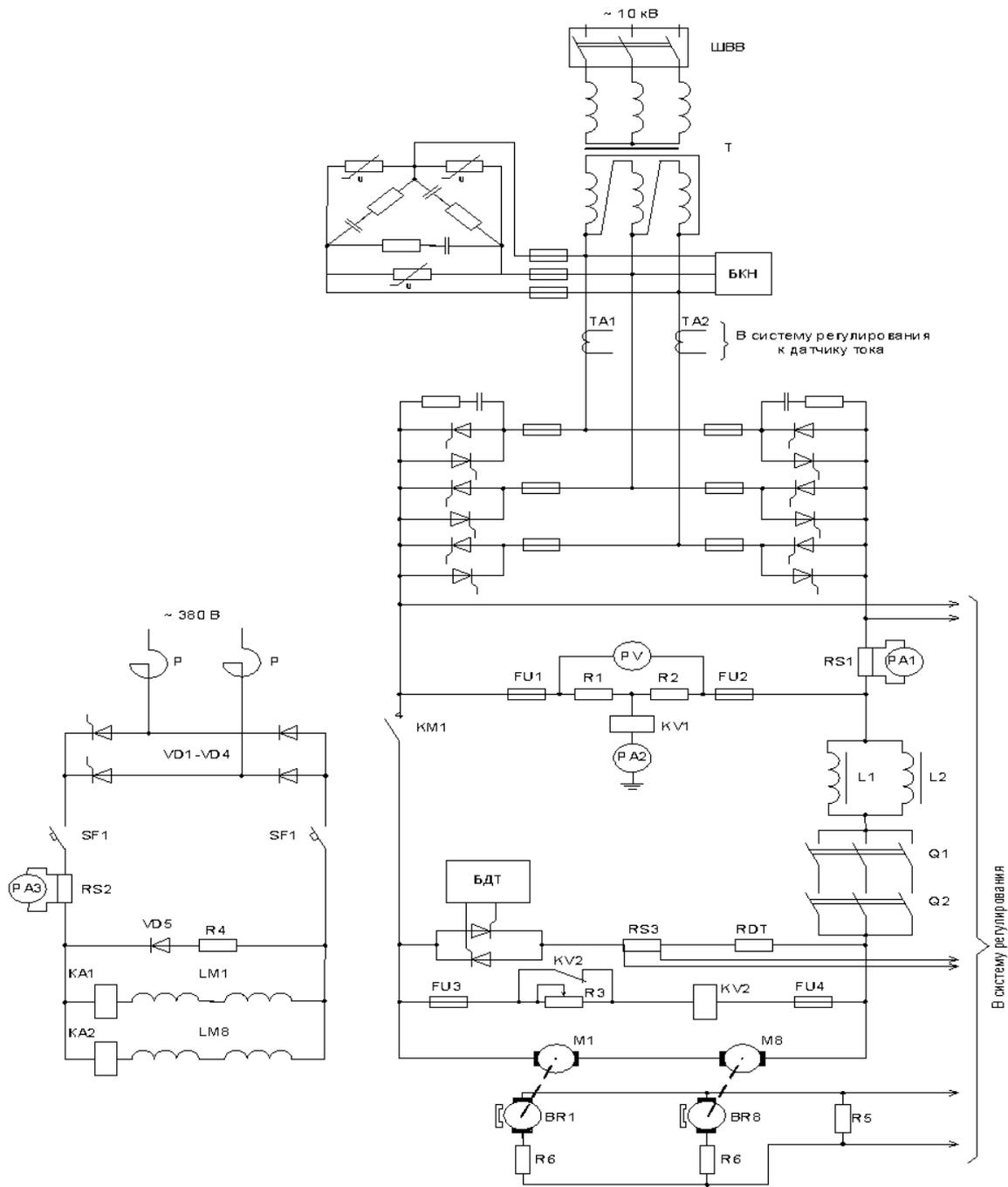
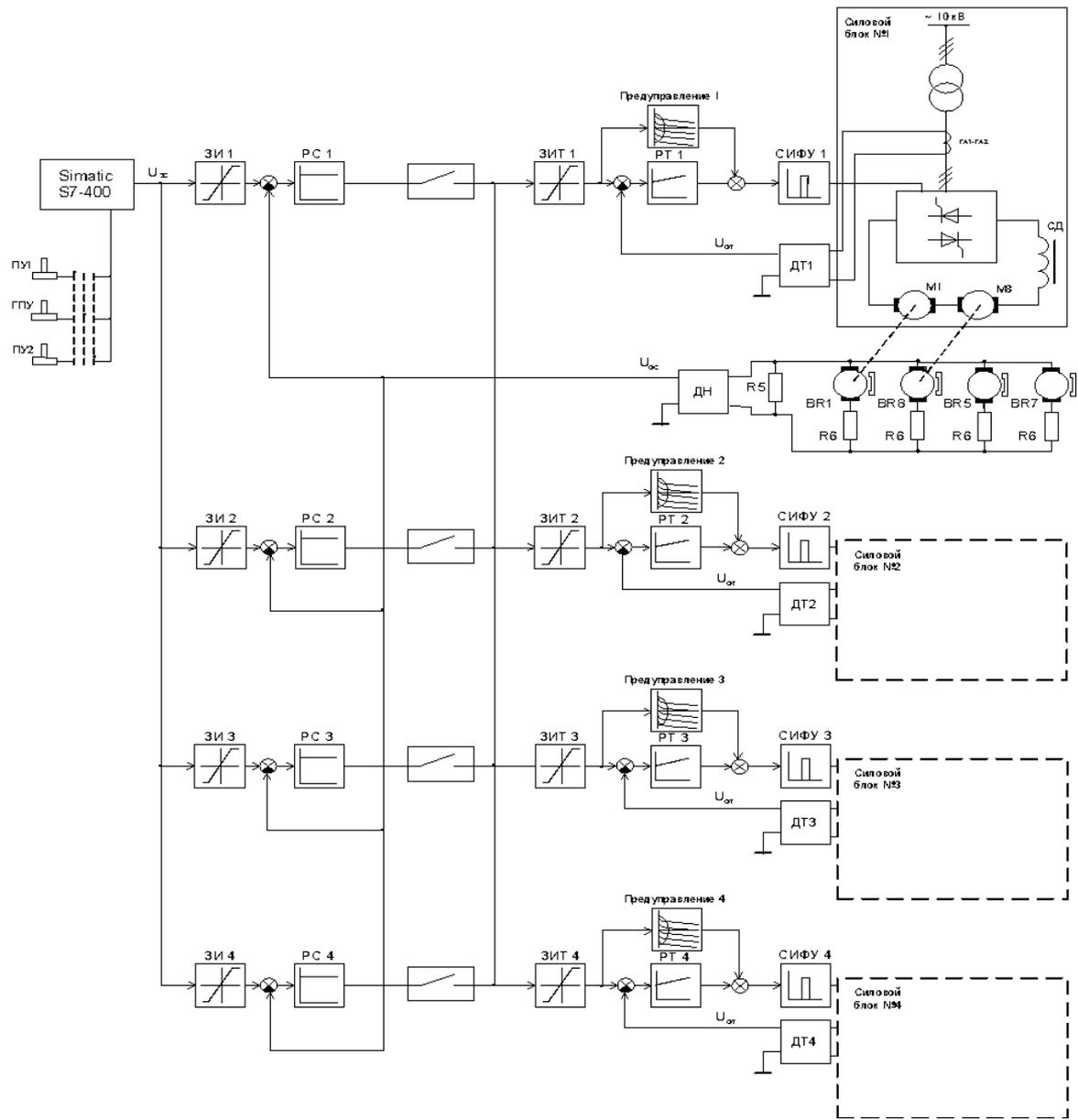


Рис. 10. Кривые изменения статических моментов  $M_c$  на цапфе конвертора в функции угла поворота  $\alpha$ :

1 — слив стали; 2 — возврат в исходное положение с 44 т шлака; 3 — поворот порошкового конвертора.  $65^\circ$  — начало слива стали;  $85^\circ$  — начало слива шлака через горловину;  $95^\circ$  — окончание слива стали;  $120^\circ$  — окончание слива шлака





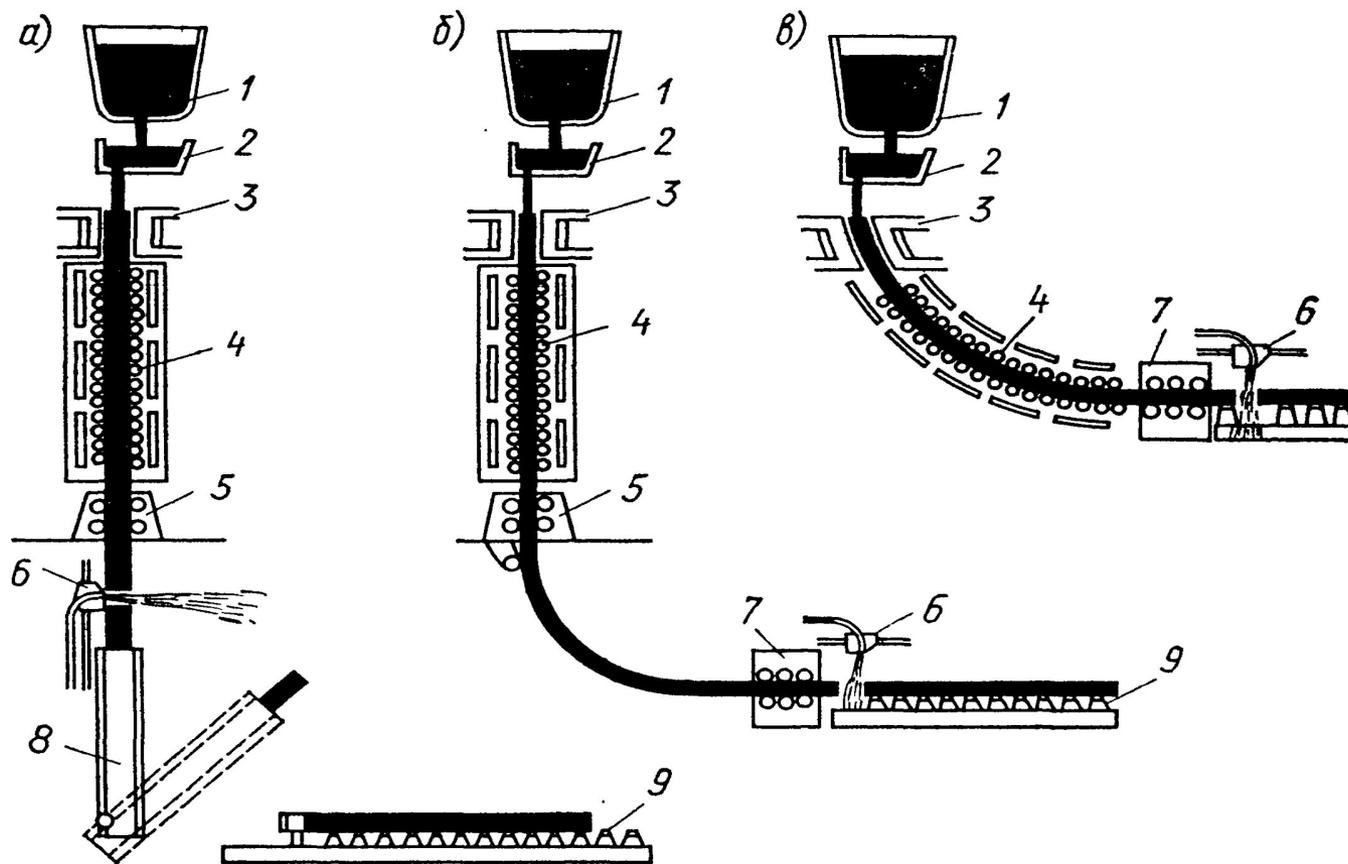


Рис.8.8. Типы УНРС:

*a* — вертикальная; *б* — вертикальная с изгибом слитка; *в* — наклонно-радиальная; 1 — сталеразливочный ковш; 2 — промежуточный ковш; 3 — кристаллизатор; 4 — зона вторичного охлаждения; 5 — тянущая клетка; 6 — газорезка; 7 — правильная машина; 8 — кантователь; 9 — приемный ролик

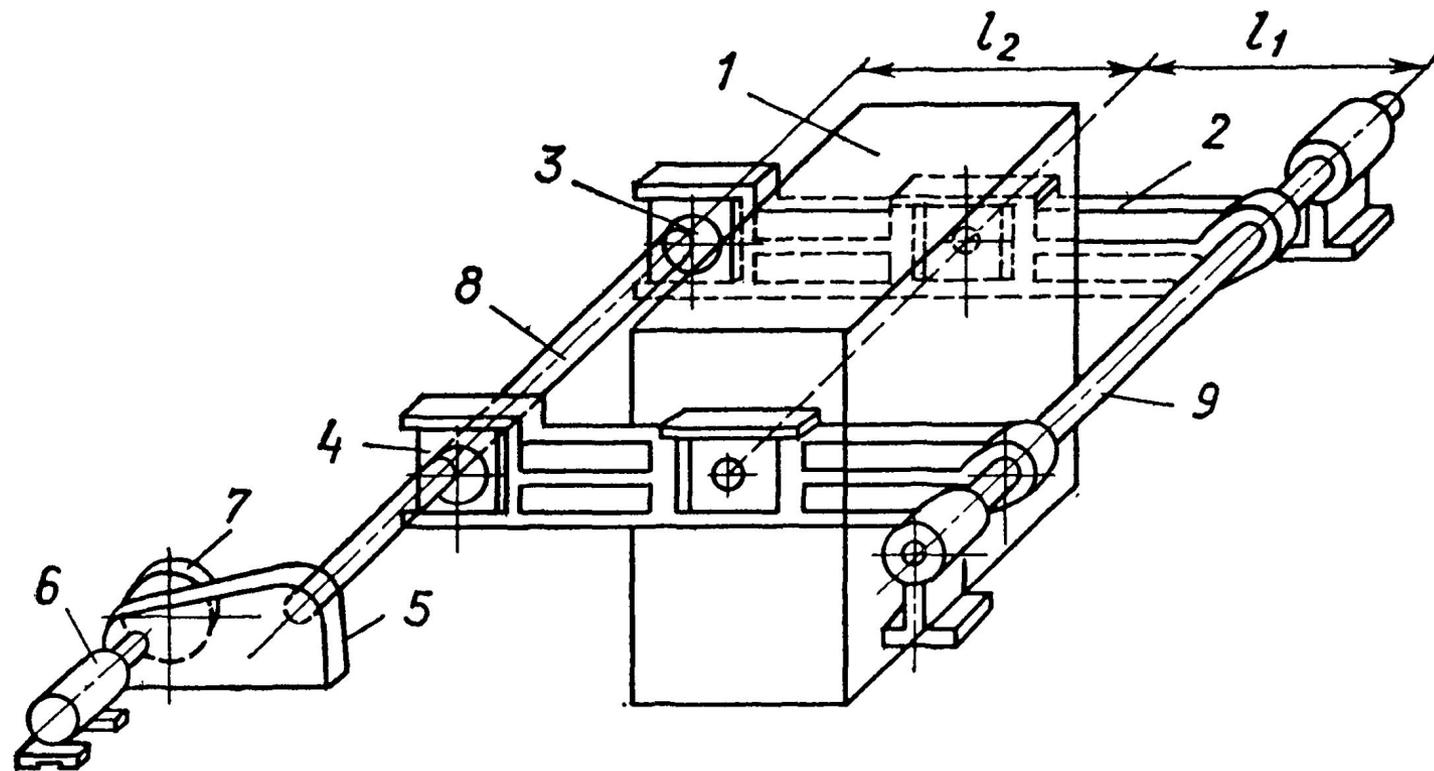


Рис. 8.10. Кинематическая схема механизма качания кристаллизатора

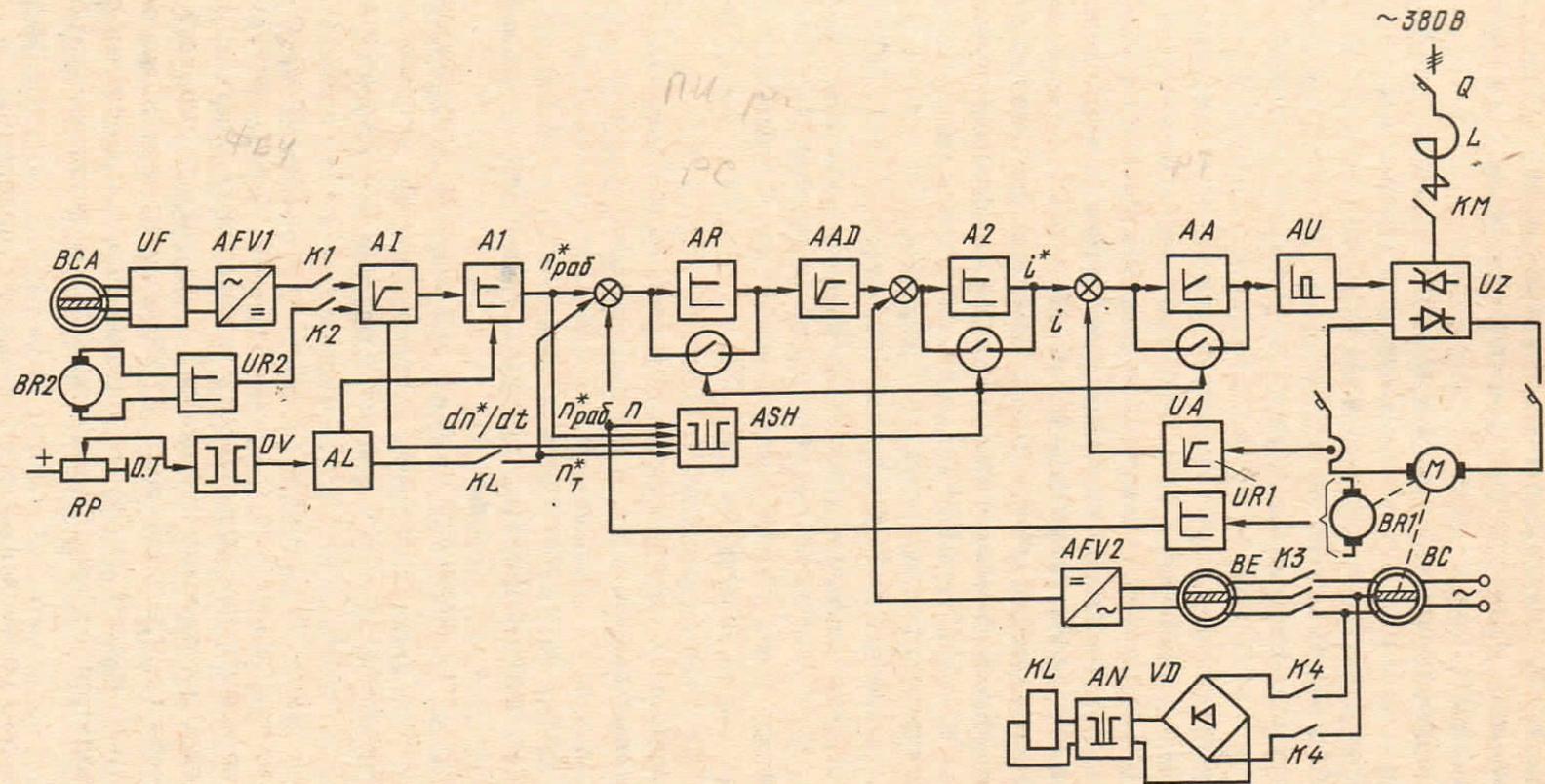


Рис. 21. Схема электропривода качания кристаллизатора МНЛЗ

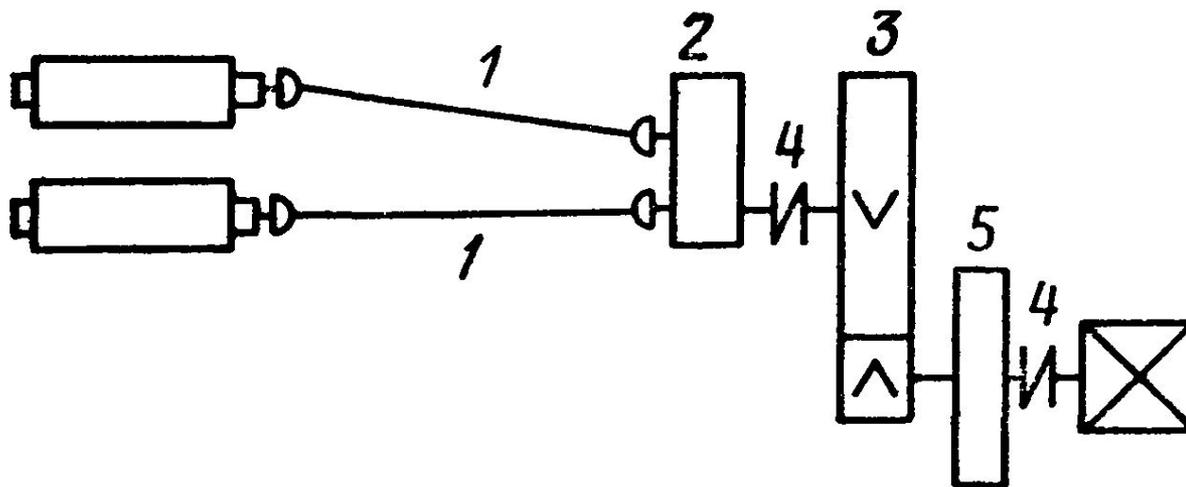


Рис. 10.6. Кинематическая схема привода прокатного стана

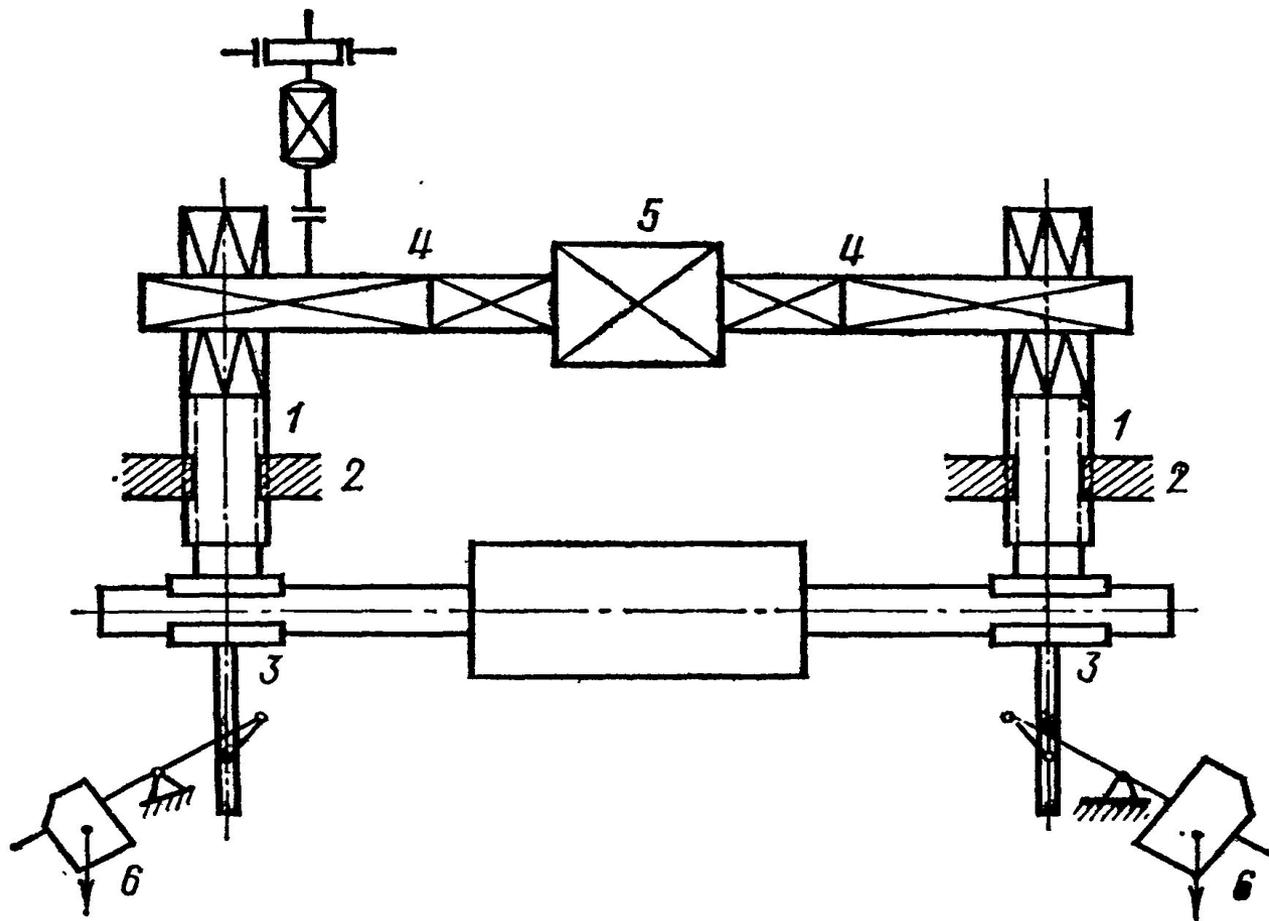


Рис. 14.4. Кинематическая схема нажимного устройства с грузовым уравниванием:  
 1 — нажимные винты; 2 — гайки нажимных винтов; 3 — подушки валков; 4 — редукторы; 5 — двигатель; 6 — грузы

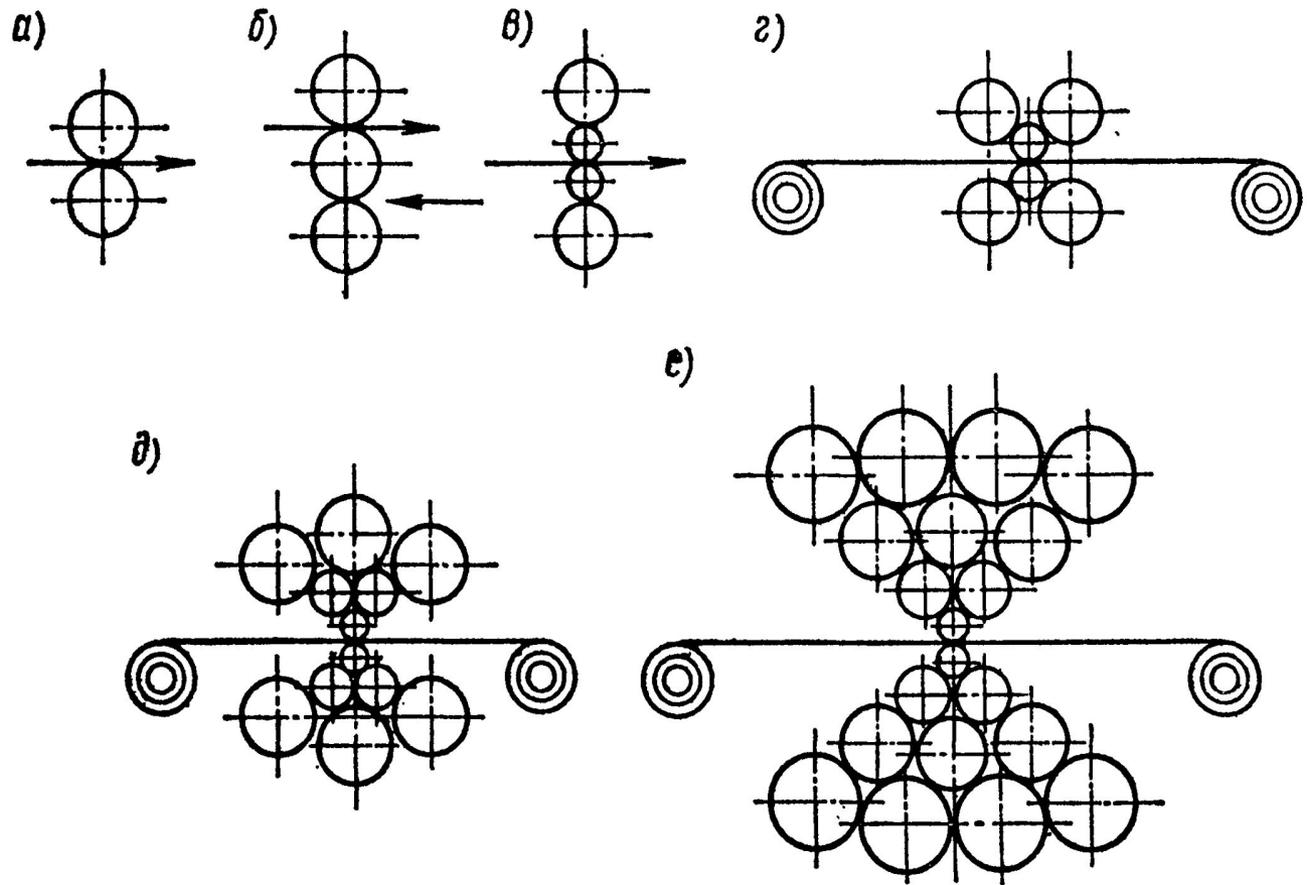


Рис. 10.7. Классификация прокатных станов по количеству и расположению рабочих валков

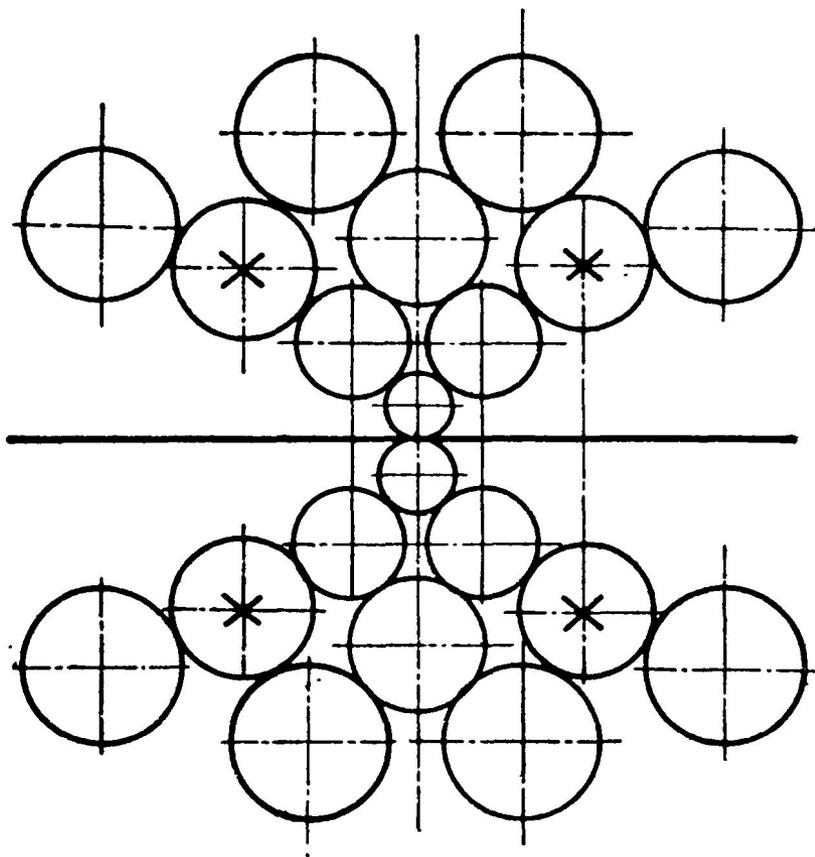


Рис. 13.8. Схема расположения валков 20-валкового стана (× — приводные валки)

Станы	Размеры рабочих валков		Количество клетей	Типы по расположению клетей
	Диаметр, мм	Длина, мм		
Обжимные:				
блуминг	800... 1500	2000... 3000	1... 2	Одноклетьевые, последовательные
слябинг	1100... 1150	2000... 3000	1	Одноклетьевые
Заготовочные	450... 900	—	До 10... 14	Линейные, непрерывные, полунепрерывные
Сортовые:				
рельсобалочные	750... 900	—	3... 8	Последовательные
крупносортные	600... 800	—	До 8	Зигзагообразные, линейные
среднесортные	350... 550	—	До 18	Полунепрерывные
мелкосортные	250... 350	—	До 27	Полунепрерывные, непрерывные
проволочные	250... 350	—	20... 42	Непрерывные
Листовые горячей прокатки:				
толстолистовые	—	2000... 5500	1... 6	Последовательные, непрерывные
тонколистовые	500... 1000	800... 3600	1... 14	Полунепрерывные, непрерывные
Листовые холодной прокатки:				
реверсивные	2... 150	—	1	Одноклетьевые
непрерывные	—	До 2200	2... 6	Непрерывные

Скорость прокатки, м/с	Масса исходной заготовки, т	Готовая продукция	Тип привода
4... 6	До 15	Квадратная и близкая к ней заготовка (блюм) размером 400 × 400... 350 × 350 мм	Реверсивный
4... 6	До 45	Прямоугольная заготовка (сляб) размером (250... 300) × (2000... 2200) мм	»
3... 7	6... 11	Заготовки квадратного сечения 50 × 50... 240 × 240 мм и прямоугольного сечения (50... 100) × (50... 400) мм	Реверсивный или нереверсивный
До 9	До 20	Рельсы, балки высотой 150... 750 мм	Нереверсивный
До 10	4... 20	Квадратные и круглые заготовки размером до 200 мм; уголки 8... 16	»
8... 15	—	То же, до 80 мм; уголки 4... 12	»
15... 20	—	То же, до 40 мм; уголки до 6	»
20... 50	—	Круглый профиль размерами до 29; 5... 12 мм	»
4... 5	20... 30	Лист толщиной 4... 50 мм	Реверсивный или нереверсивный
10... 18	1,5... 27	Лист толщиной 1,5... 13, шириной 500... 2500 мм	То же
—	—	Лист толщиной 0,0015... 1 мм	Реверсивный
До 37	60	То же, 0,15... 2 мм	Реверсивный или нереверсивный

Скорость прокатки, м/с	Масса исходной заготовки, т	Готовая продукция	Тип привода
4...6	До 15	Квадратная и близкая к ней заготовка (блюм) размером 400 × 400 ... 350 × 350 мм	Реверсивный
4...6	До 45	Прямоугольная заготовка (сляб) размером (250 ... 300) × (2000 ... 2200) мм	»
3...7	6...11	Заготовки квадратного сечения 50 × 50 ... 240 × 240 мм и прямоугольного сечения (50 ... 100) × (50 ... 400) мм	Реверсивный или неререверсивный
До 9	До 20	Рельсы, балки высотой 150...750 мм	Нереверсивный
До 10	4 ... 20	Квадратные и круглые заготовки размером до 200 мм; уголки 8... 16	»
8...15	—	То же, до 80 мм; уголки 4... 12	»
15...20	—	То же, до 40 мм; уголки до 6	»
20...50	—	Круглый профиль размерами до 29; 5...12 мм	»
4...5	20...30	Лист толщиной 4... 50 мм	Реверсивный или неререверсивный
10...18	1,5...27	Лист толщиной 1,5 ... 13, шириной 500...2500 мм	То же
—	—	Лист толщиной 0,0015 ... 1 мм	Реверсивный
До 37	60	То же, 0,15 ... 2 мм	Реверсивный или неререверсивный

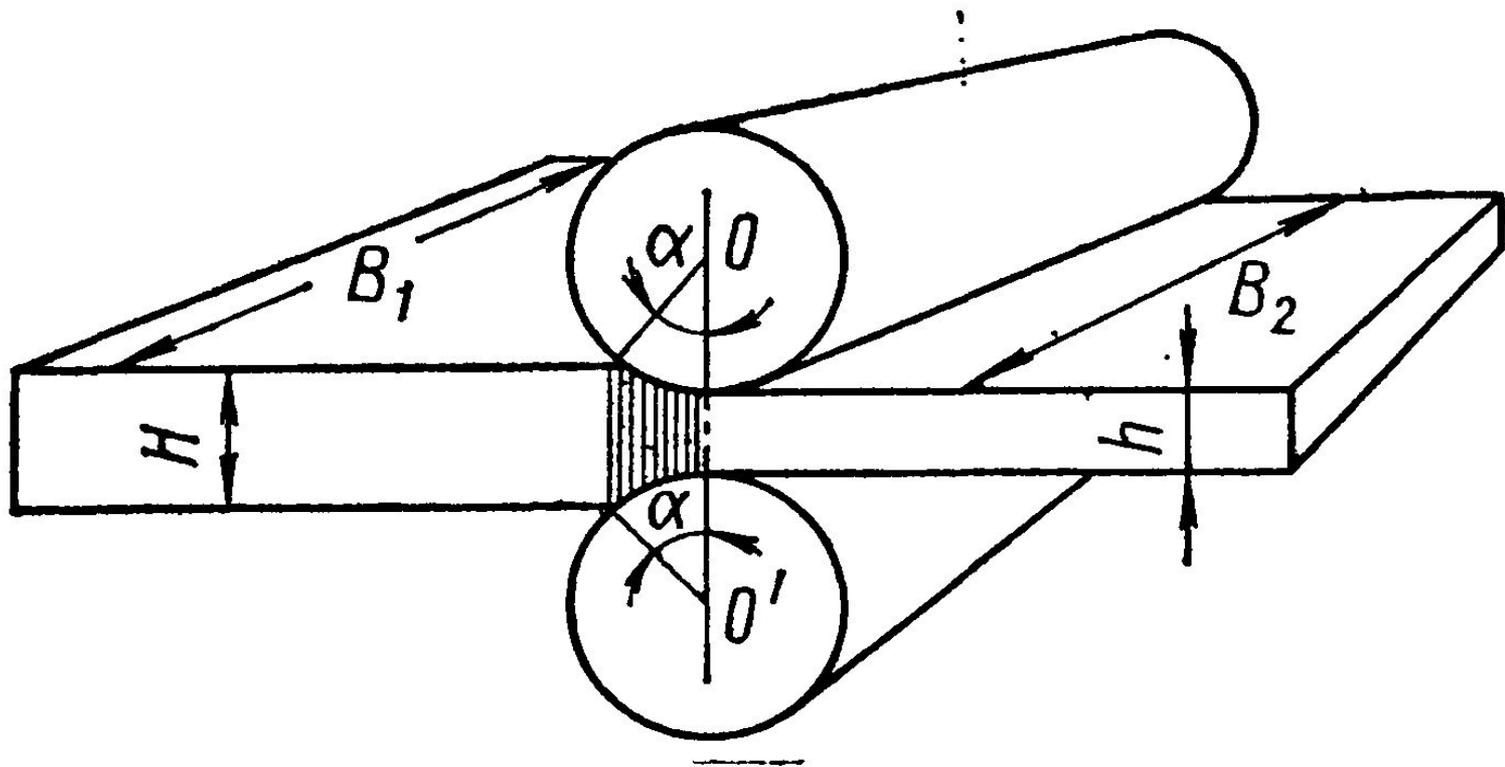


Рис. 10.2. Пространственная схема прокатки

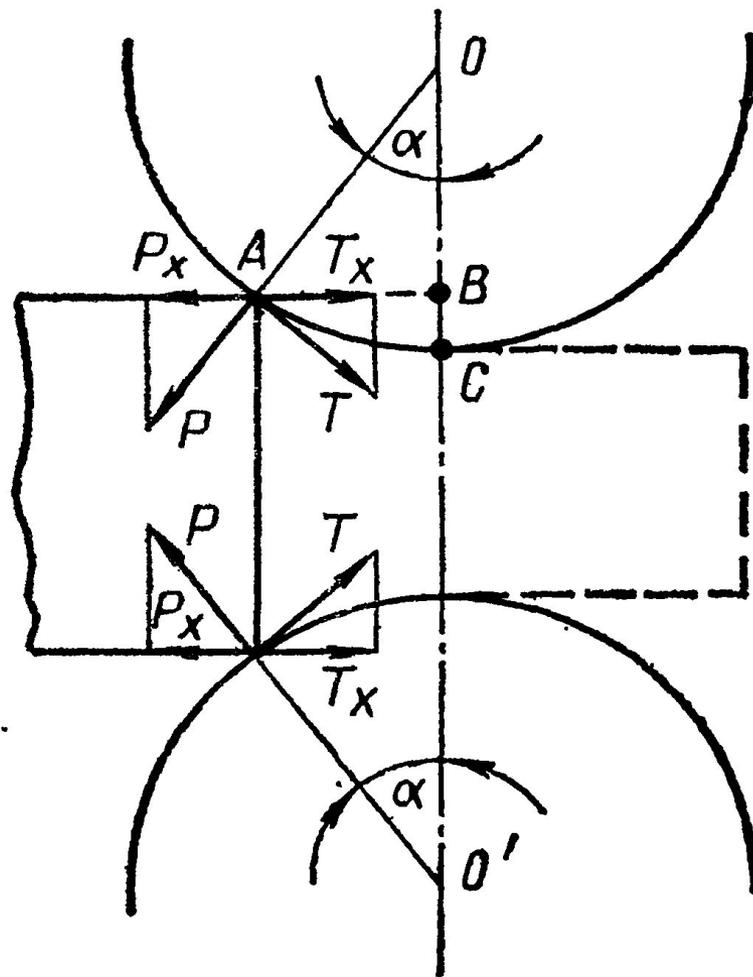


Рис. 10.3. Усилия при захвате металла валками

Для осуществления захвата металла необходимо, чтобы втягивающая сила была больше отталкивающей, т.е. чтобы

$$T \cos \alpha > P \sin \alpha.$$

Учитывая, что  $T = fP$ , где  $f$  — коэффициент трения, получим

$$f > \operatorname{tg} \alpha. \quad (10.7)$$

Следовательно, захват металла валками произойдет в том случае, если коэффициент трения будет больше тангенса угла захвата.

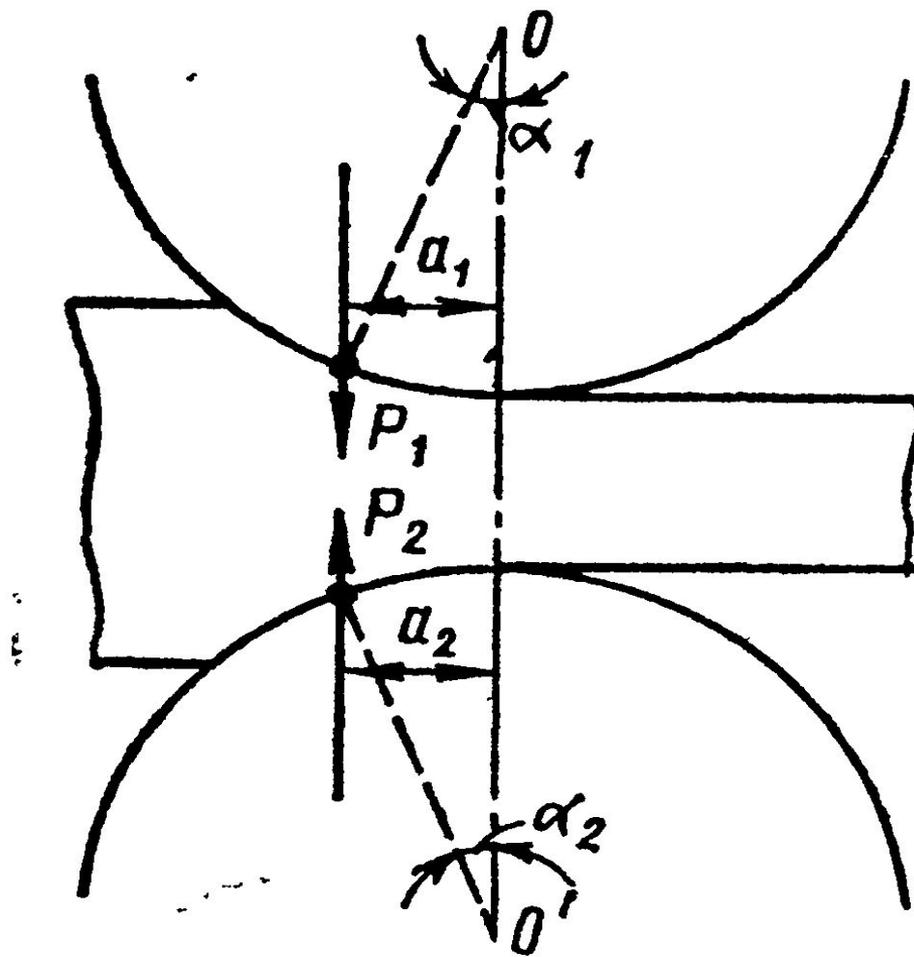


Рис. 10.5. К определению момента прокатки

$$P = p_{\text{ср}} Q, \quad p_{\text{ср}} = K \frac{2h}{\Delta h (\delta - 1)} \left( \frac{h_{\text{к}}}{h} \right) \left[ \left( \frac{h_{\text{к}}}{h} \right)^{\delta} - 1 \right],$$

$$\frac{h_{\text{к}}}{h} = \left[ \frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1) (H/h)^{\delta}}}{\delta + 1} \right]^{1/\delta}.$$

$$Q = Bl,$$

$$l = \sqrt{R\Delta h},$$

$$M = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{х.х}} + M_{\text{дин}}, \quad M_{\text{пр}1} = Pa$$

$$M_{\text{пр}1} = P\psi l,$$

$$M_{\text{пр}} = 2p_{\text{ср}} B\psi R\Delta h, \quad M_{\text{тр}} = \frac{Pd\mu_1}{i} + \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \frac{M_{\text{пр}} + Pd\mu_1}{i},$$

$\psi = a/l$  - Отношение плеча равнодействующей  $a$  сил давления к длине хорды  $l$ .

При горячей прокатке  $\psi = 0,5$ ,  
при холодной прокатке  $\psi = 0,35$ .

Момент добавочных сил трения (Н·м)

$$M_{\text{тр}} = \frac{Pd\mu_1}{i} + \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \frac{M_{\text{пр}} + Pd\mu_1}{i}, \quad (10.27)$$

где  $Pd\mu_1$  — момент от сил трения в подшипниках валков;  $P$  — давление металла на валки;  $d$  — диаметр шейки валков;  $\mu_1$  — коэффициент трения в подшипниках валков; второй член уравнения — момент сил трения в передаточном устройстве стана;  $\eta$  — к.п.д. передаточного устройства;  $i$  — передаточное число;  $M_{\text{пр}}$  — момент прокатки.

Момент холостого хода  $M_{\text{х.х}}$  при расчетах берется равным  $3 \div 5\%$  от номинального момента прокатного двигателя.

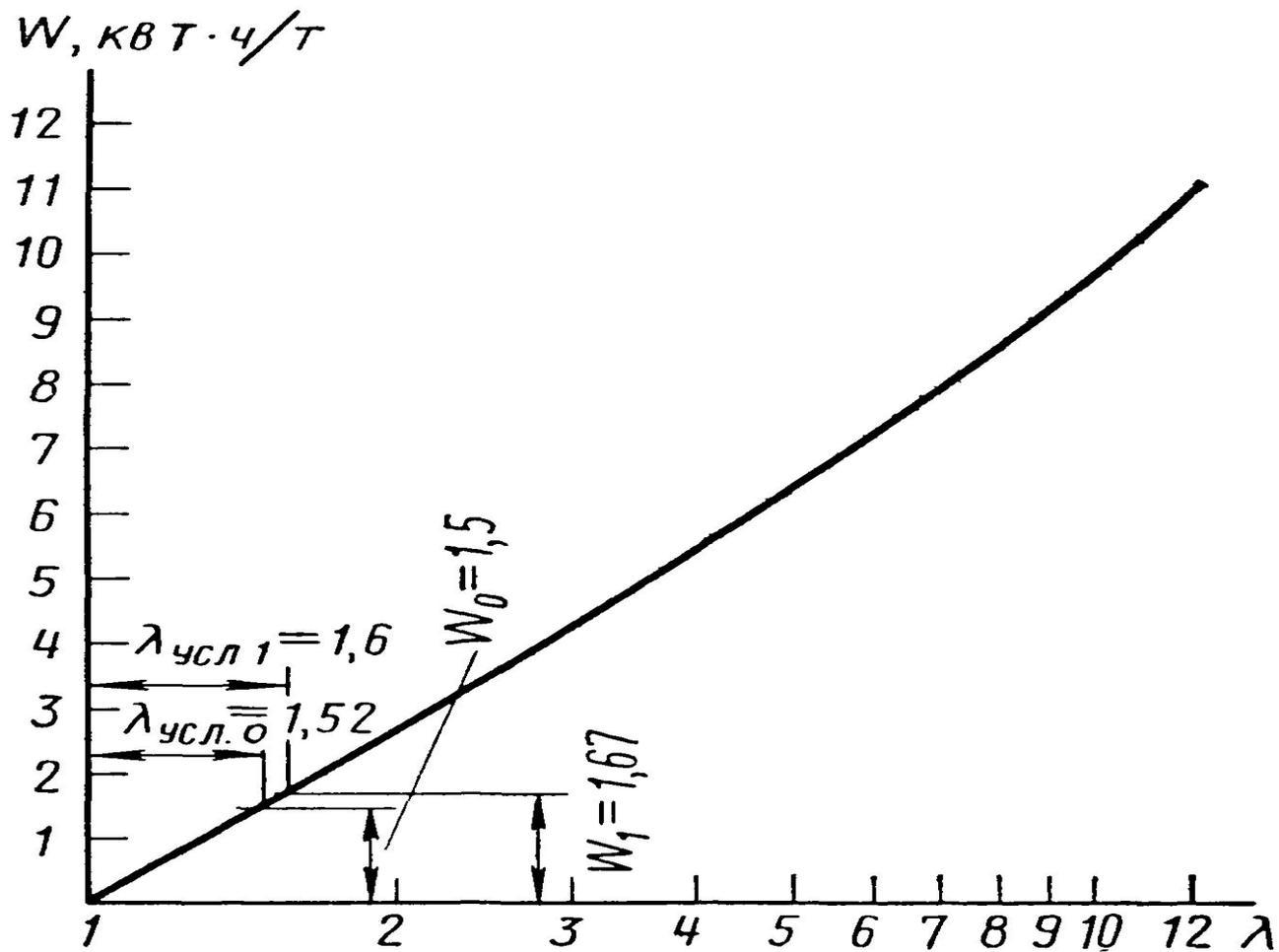


Рис. 11.7. Кривая удельного расхода энергии

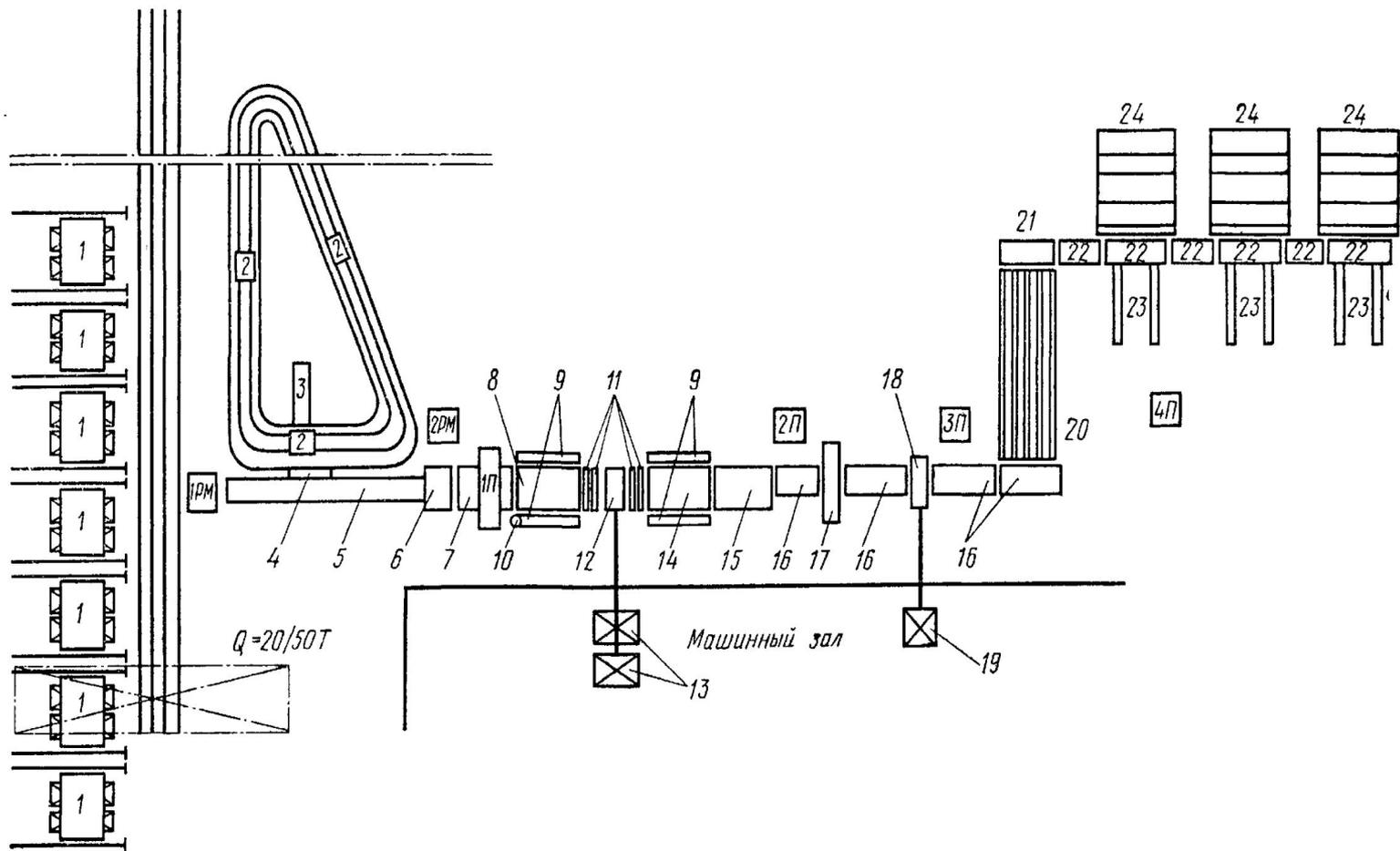


Рис. 11.3. План расположения оборудования блюминга 1300:

1 — нагревательные колодцы; 2 — слитковоз; 3 — сталкватель слитков; 4 — стеллаж приемного рольганга; 5 — приемный рольганг; 6 — весы; 7 — передний удлинительный рольганг; 8 — передний рабочий рольганг; 9 — линейки манипулятора; 10 — кантователь; 11 — станинные ролики; 12 — рабочая клеть; 13 — прокатные двигатели; 14 — задний рабочий рольганг; 15 — задний удлинительный рольганг; 16 — транспортные рольганги; 17 — машина огневой зачистки (МОЗ); 18 — ножницы; 19 — двигатель ножниц; 20 — цепной транспортер; 21 — рольганг за цепным транспортером; 22 — уборочные рольганги; 23 — сталкватели блюмов; 24 — штабелирующие столы

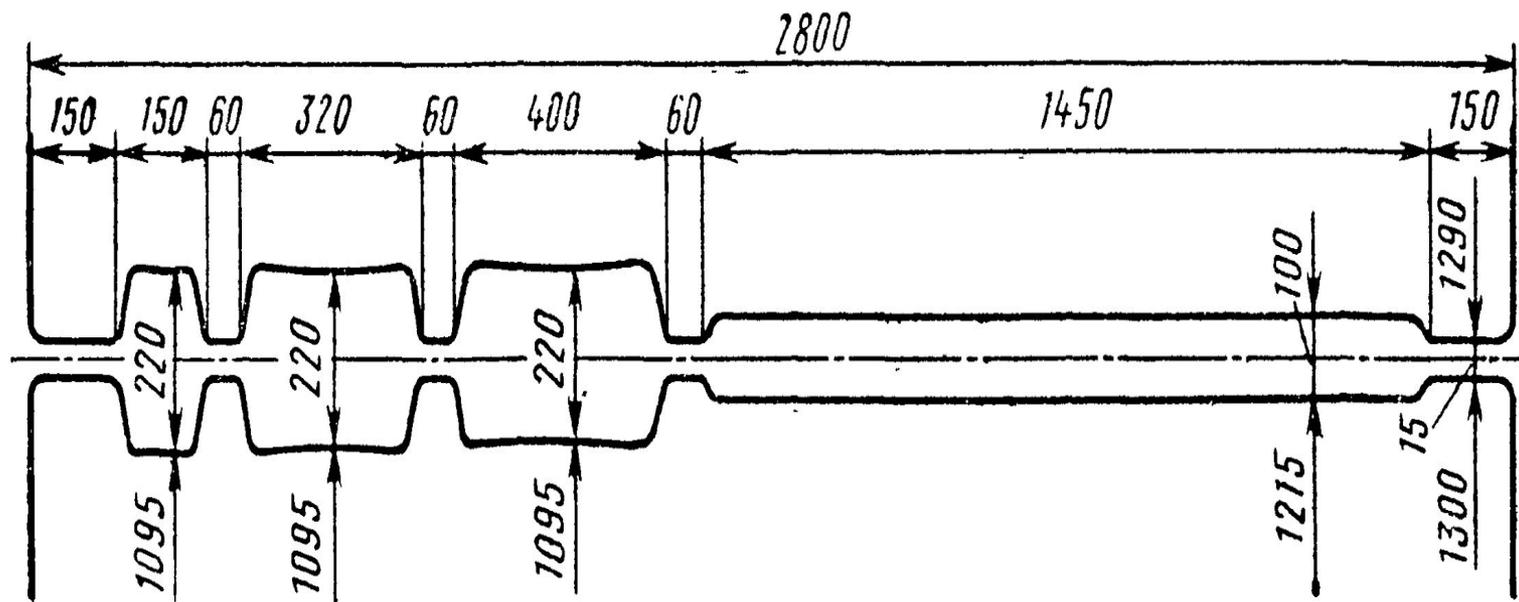
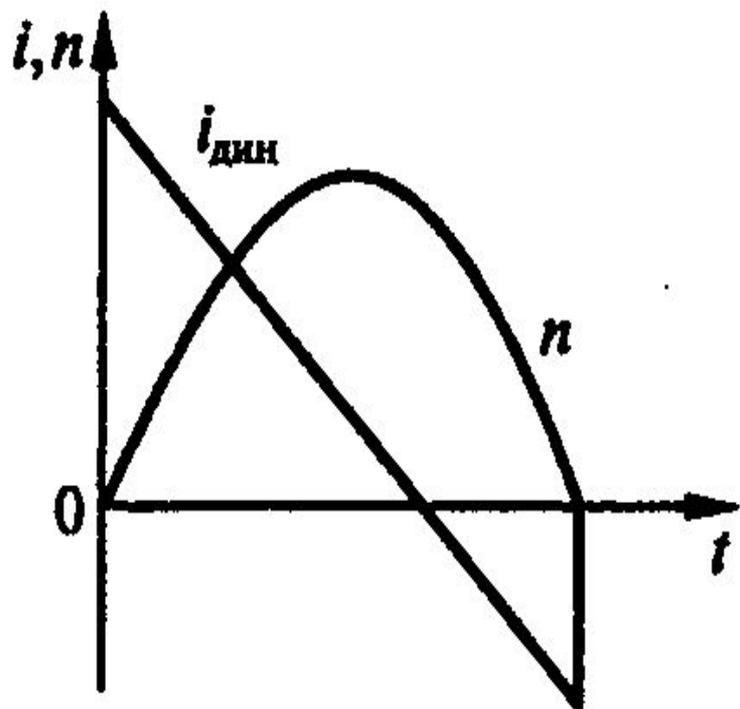
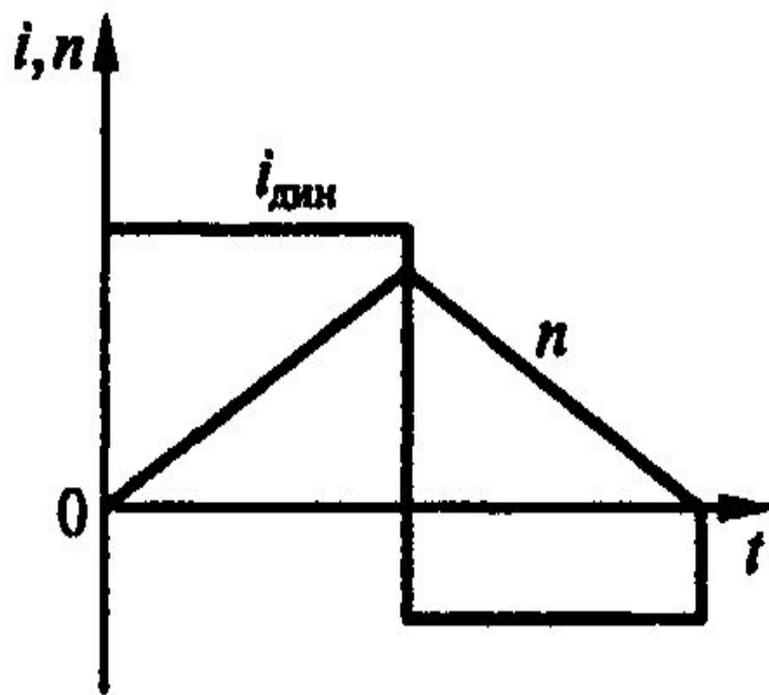


Рис. 11.1. Калибровка рабочих валков блюминга 1300

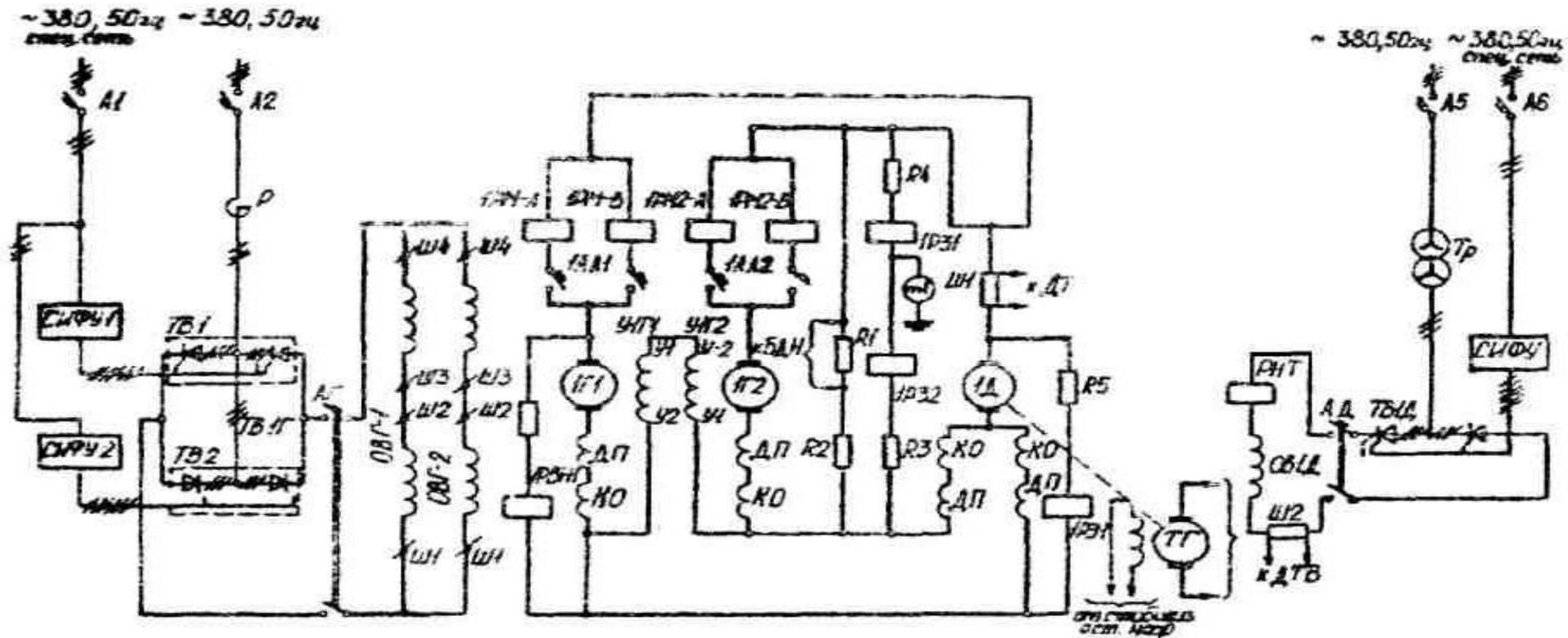


*a*



*б*

# Принципиальная схема силовой части электропривода валка блюминга 1500 НТМК







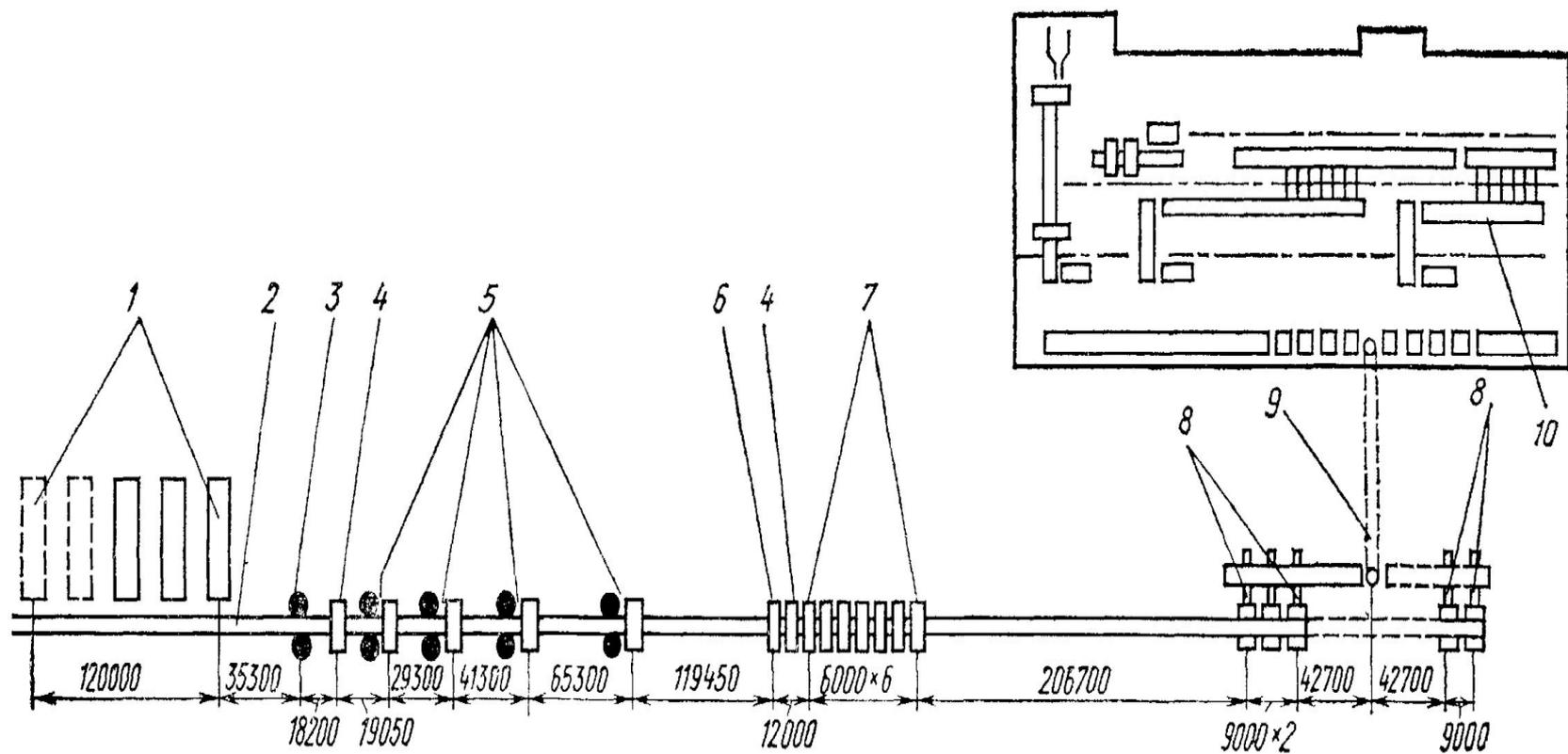


Рис. 12.5. Схема расположения оборудования непрерывного листового стана 2000 НЛМЗ:

1 — нагревательные печи; 2 — рольганг; 3 — вертикальный окалиноломатель; 4 — горизонтальный окалиноломатель; 5 — черновые рабочие клетки; 6 — летучие ножницы; 7 — чистовые рабочие клетки; 8 — моталки, 9 — конвейер горячих рулонов; 10 — отделение отделки полос

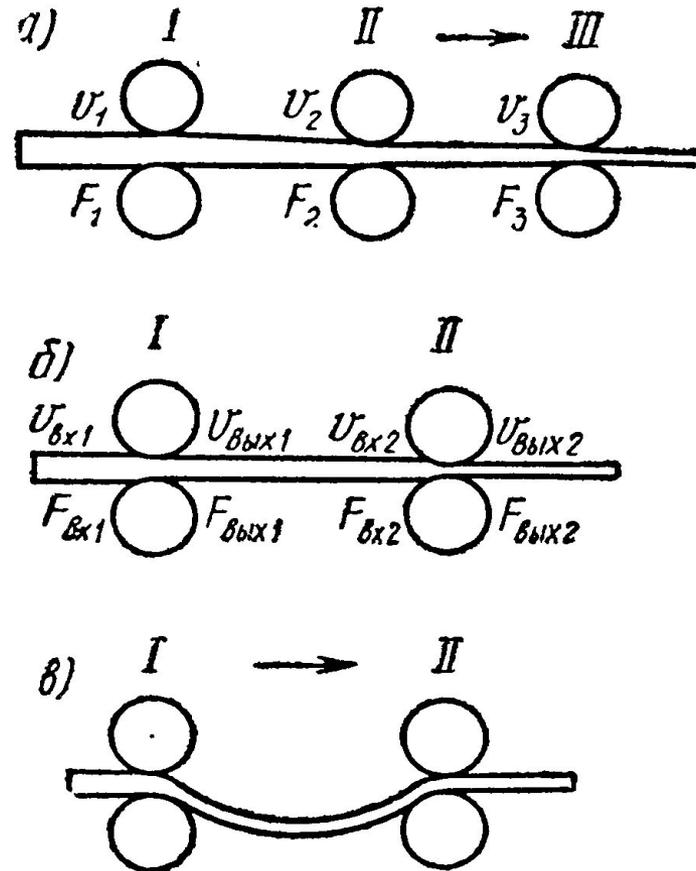


Рис. 12.1. Прокатка на непрерывном стане:

а — в трехклетьевом стане; б — в двухклетьевом стане; в — с петлей

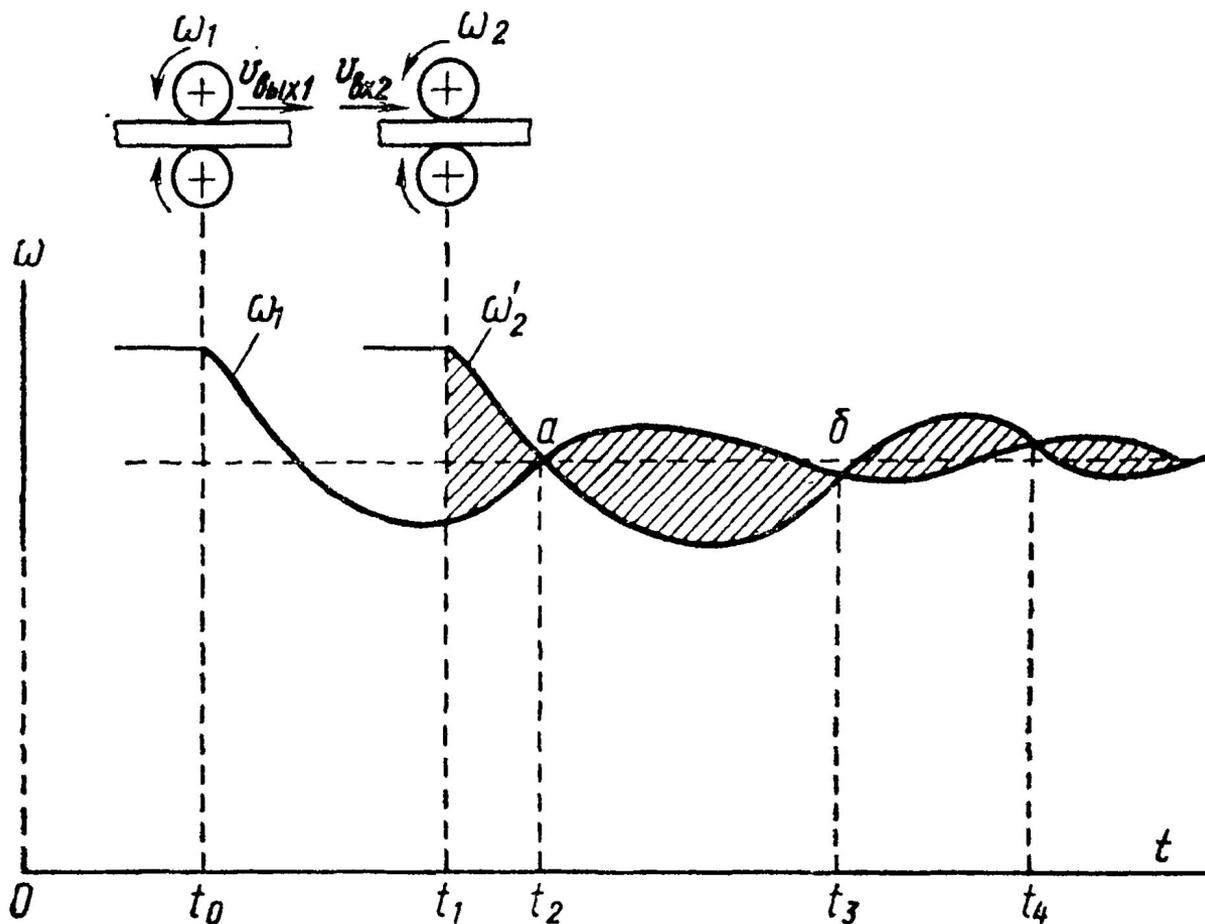


Рис. 12.3. Изменение скорости вращения двигателей двух соседних клеток непрерывного стана при входе металла в валки

Технологический процесс прокатки в чистовой группе непрерывных и полунепрерывных листовых станов предопределяет следующие основные требования к электроприводу чистовой группы: 1) возможность изменения соотношения скоростей валков клеток для обеспечения заданного изменения натяжения в установившихся и переходных режимах; 2) совместное и раздельное управление клетями и моталкой; 3) получение любой заправочной скорости; 4) синхронное ускорение чистовой группы, рольгангов и моталки; 5) торможение каждого привода клетки при выходе полосы из данной клетки.

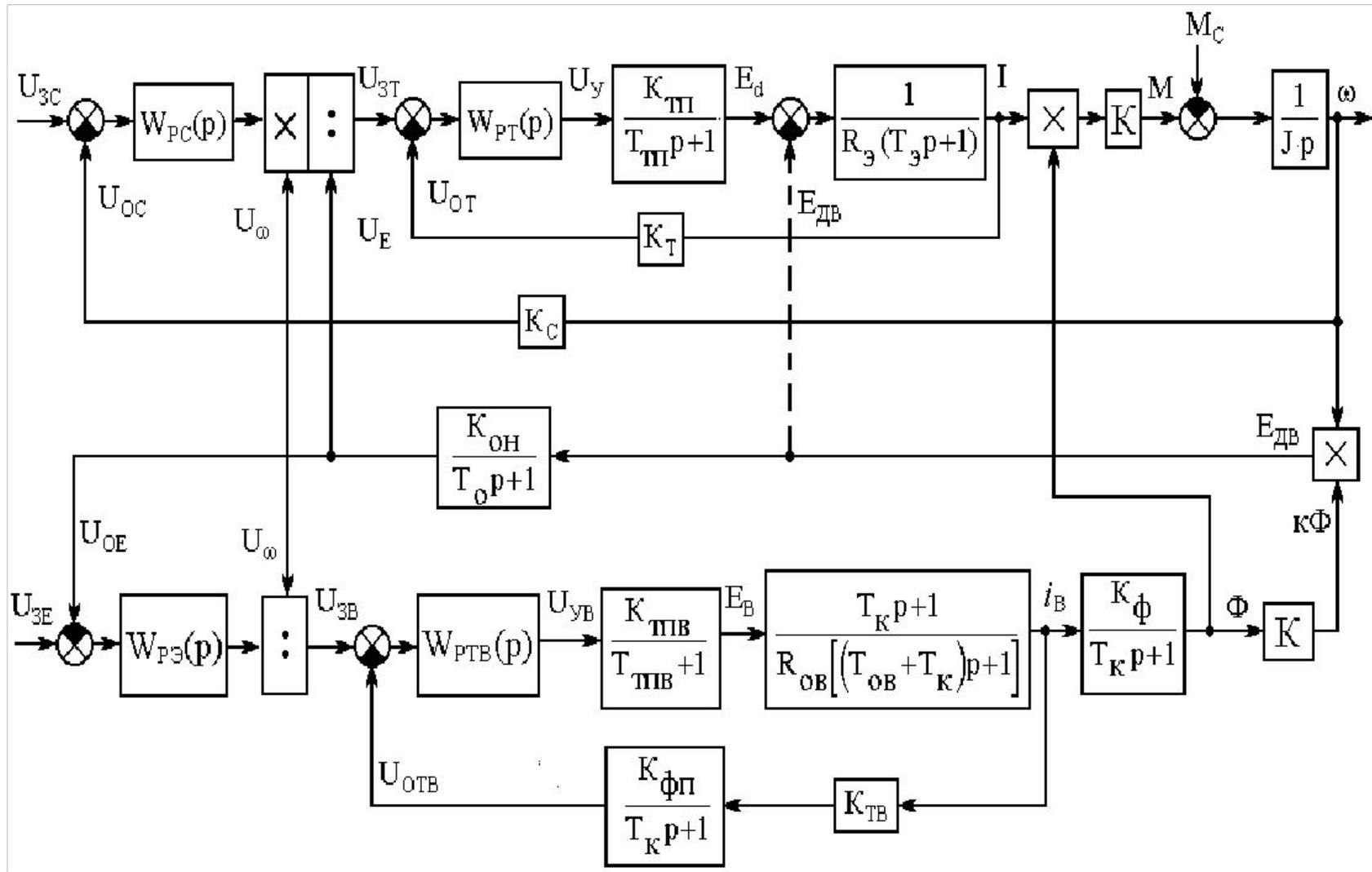
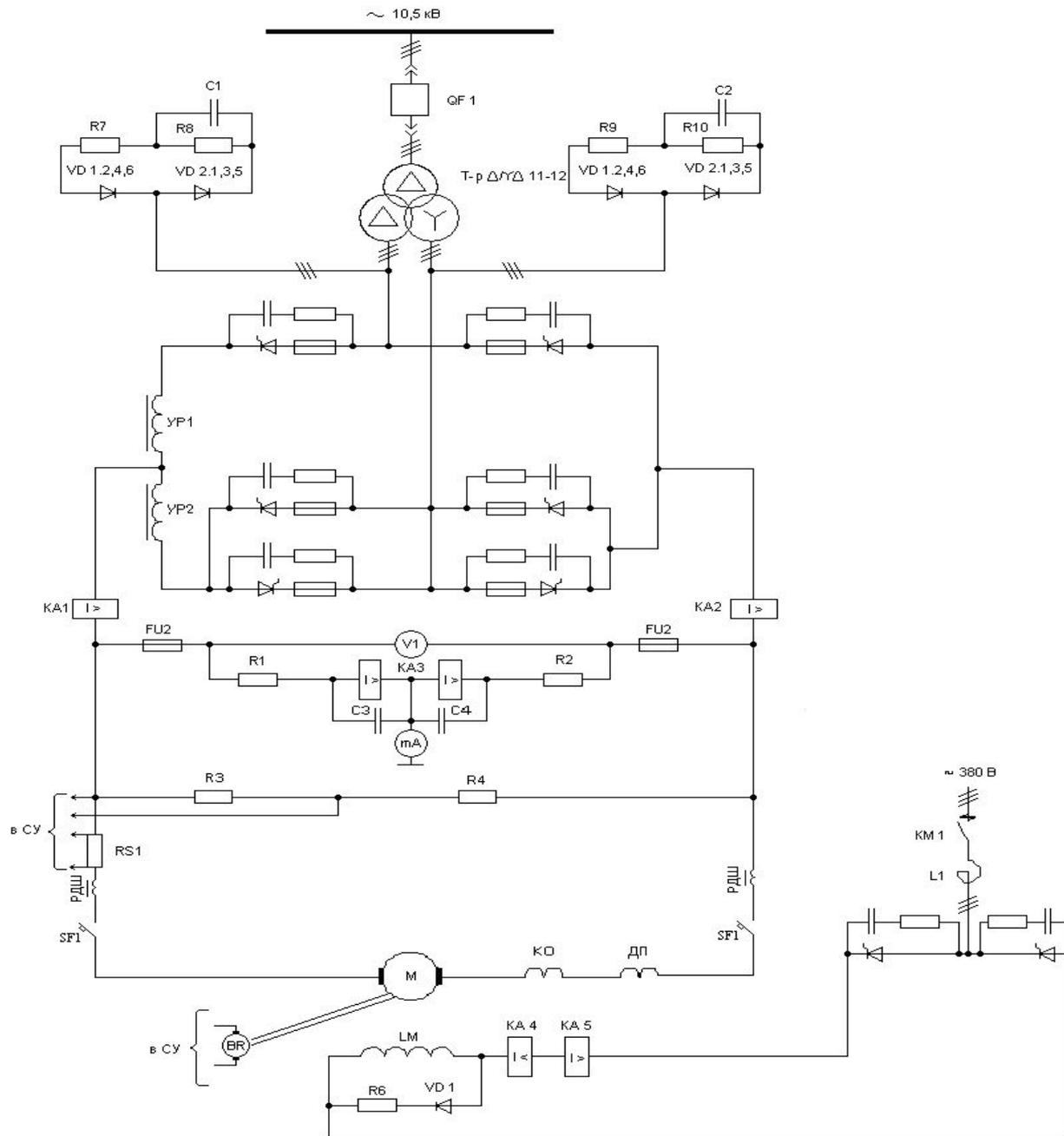


Рис. 4.15 Структурная схема двухзонного регулирования скорости



К непрерывным сортовым станам предъявляются следующие требования:

1) регулирование соотношения скоростей рабочих валков порядка  $0,1 \div 0,2\%$ ;

2) динамическое падение скорости порядка  $2\%$  при малом времени регулирования порядка  $0,1$  с;

3) регулирование скорости прокатки с диапазоном  $(3,5 : 2) : 1$ ;

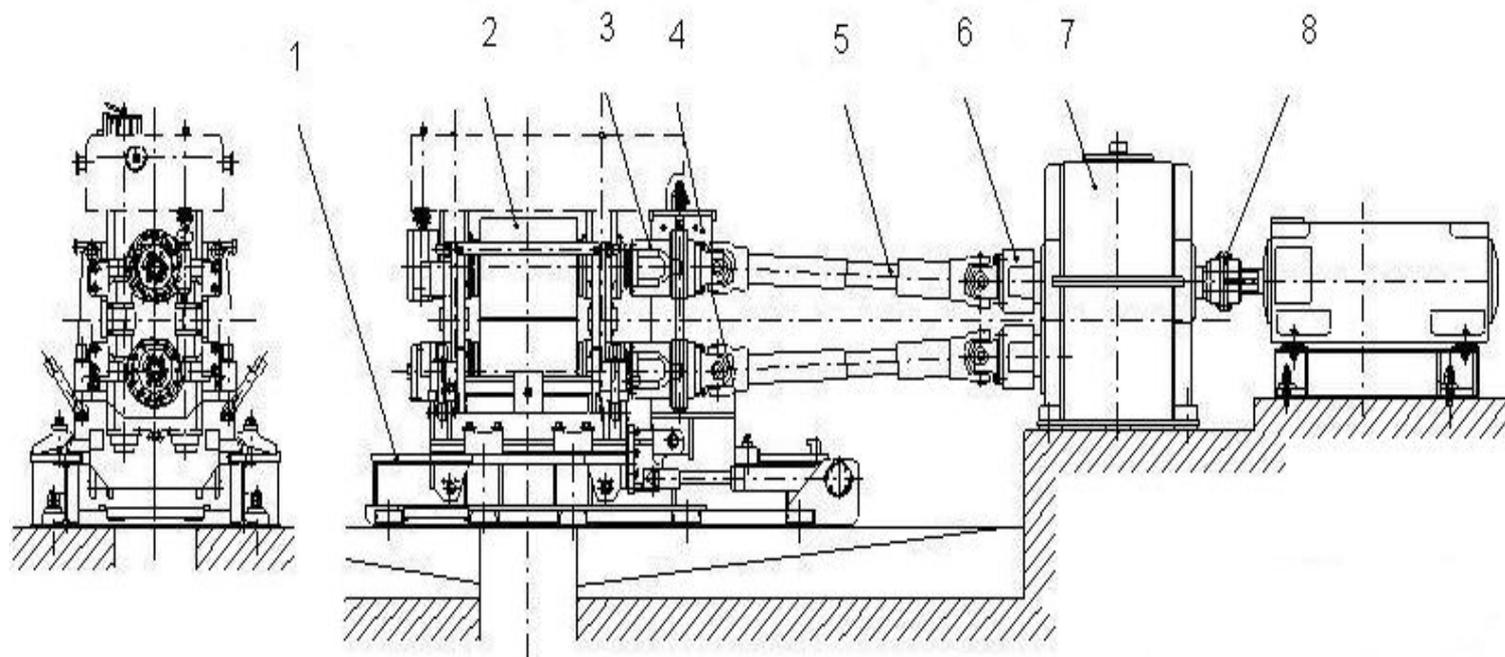
4) совместное и раздельное управление клетями.

# Сортовой стан 450

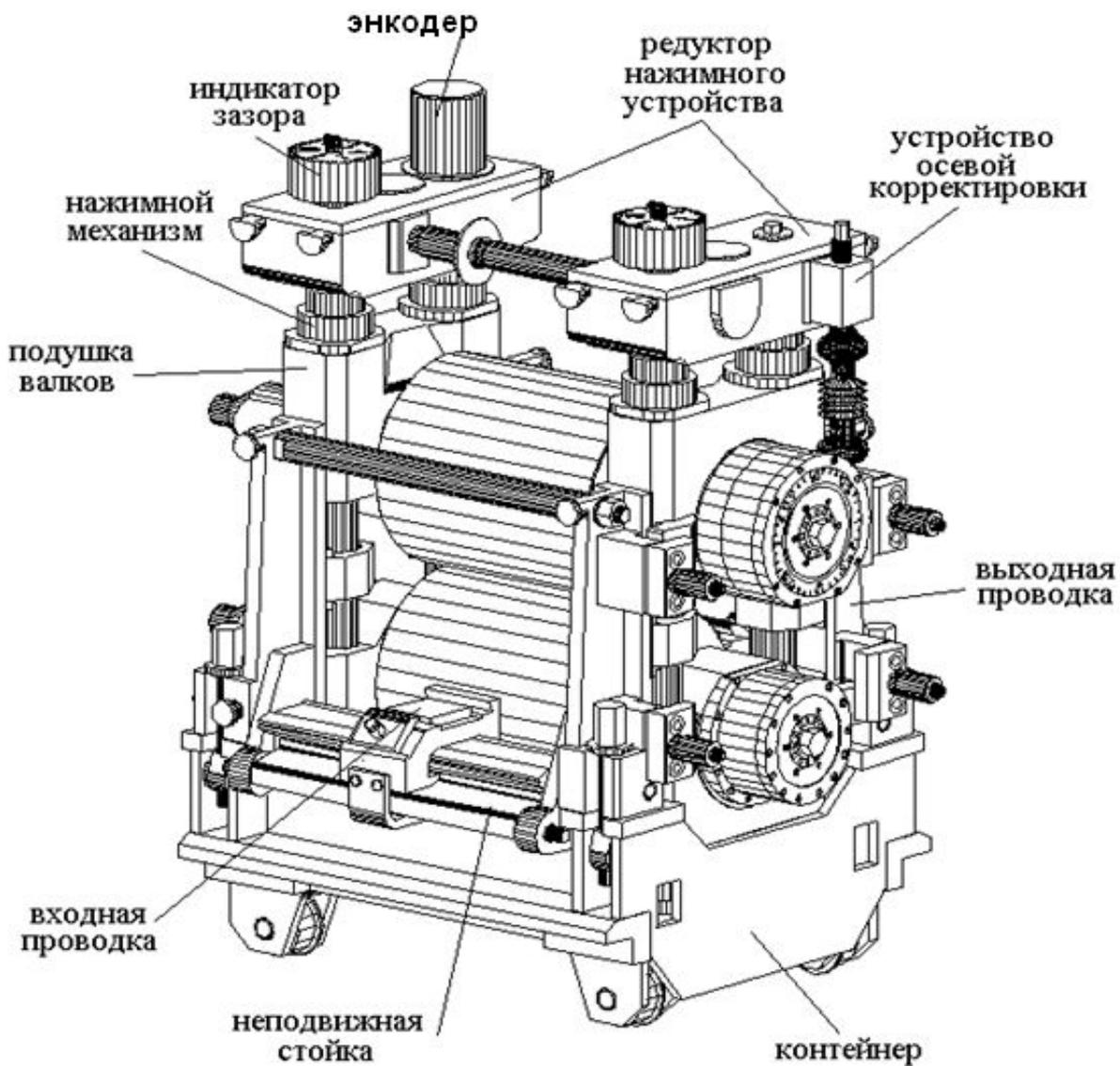
Тип	Источник поступления	Размер (мм)	Длина (м)	Вес (кг)	Плотность(кг/дм)
1. Заготовка	МНЛЗ	150 x 150	12	2050	7.65
2. Заготовка	МНЛЗ	150 x 170	12	2350	7.65

Готовая продукция - прутки на линии холодильника		Размер (мм)
Сортовой прокат и профили	Круглые прутки	диаметр от 22 до 75
	Угловой профиль	от 40 до 125
	Плоский сортовой прокат	от 62 до 200
	Неравнобокий уголок	от 63x40 до 75x50
	Швеллеры	#5 - #18
	Специальные профили	
	Квадрат	квадрат с размером стороны от 22 до 40
	Арматура	От 22 до 40
	Двутавр	№12
	Шестигранник	от 25 до 40

# Горизонтальная клеть стана 450



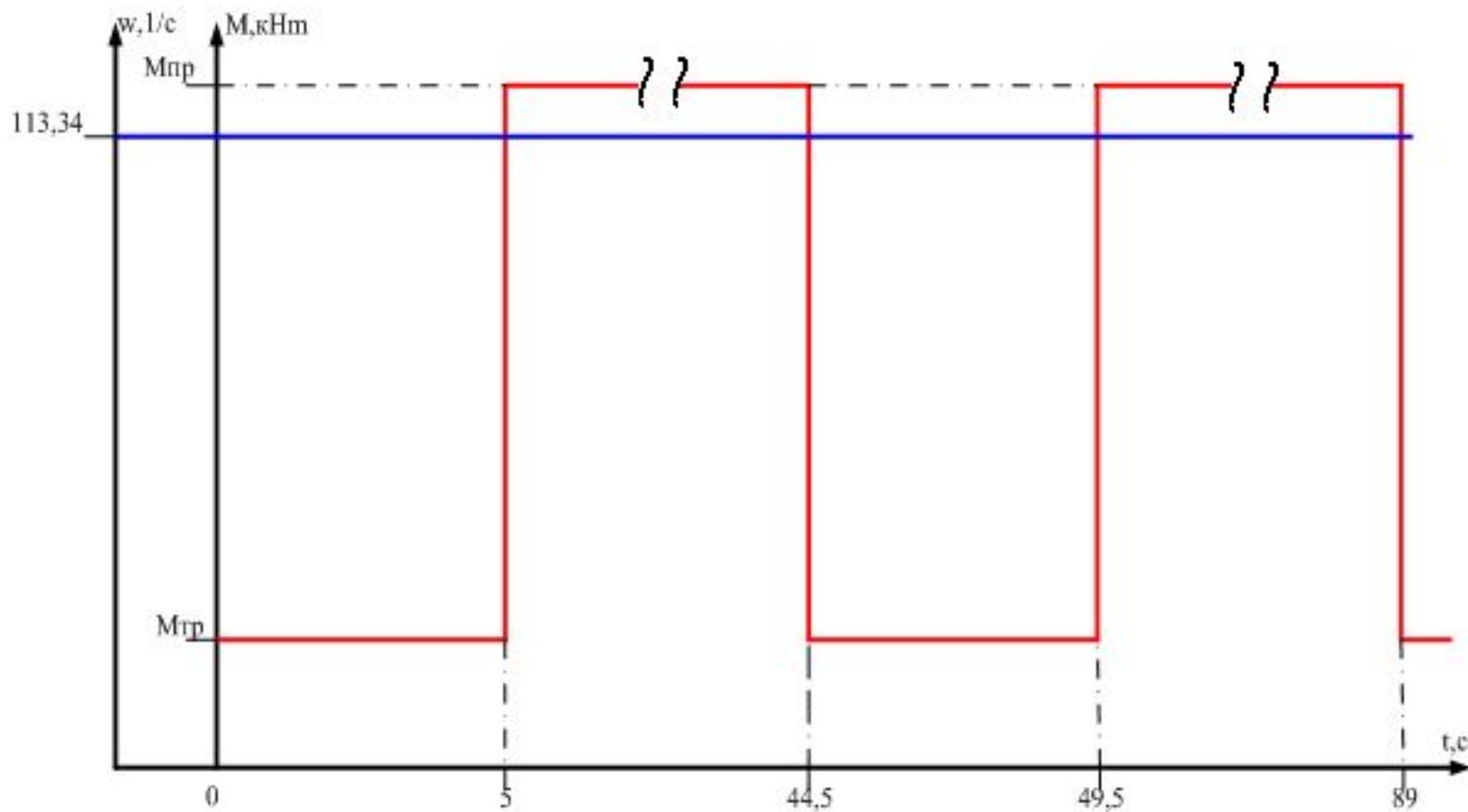
# Общий вид клетки



# Требования к электроприводу

- Привод должен обеспечивать нормальный режим работы с заданной скоростью вращения в диапазоне изменения скорости, составляющем для стана «450»  $D = 30 : 1$ ;
- Поддержание постоянства минимального натяжения проката;
- Привод должен быть реверсивным для ликвидации застрявшего проката ;
- Схемой управления должна обеспечиваться аварийная и экстренная остановка;
- Привод должен обладать максимальным быстродействием по управляющему воздействию, что необходимо для успешной работы систем автоматического регулирования скорости;
- Равномерная загрузка по электромагнитному моменту двигателей верхнего и нижнего валков.
- Обеспечивать защиту силового электрооборудования;
- Электрооборудование должно соответствовать климатическим условиям, обладать высокой надёжностью в условиях повышенной температуры, влажности и запылённости.

# Тахограмма и нагрузочная диаграмма

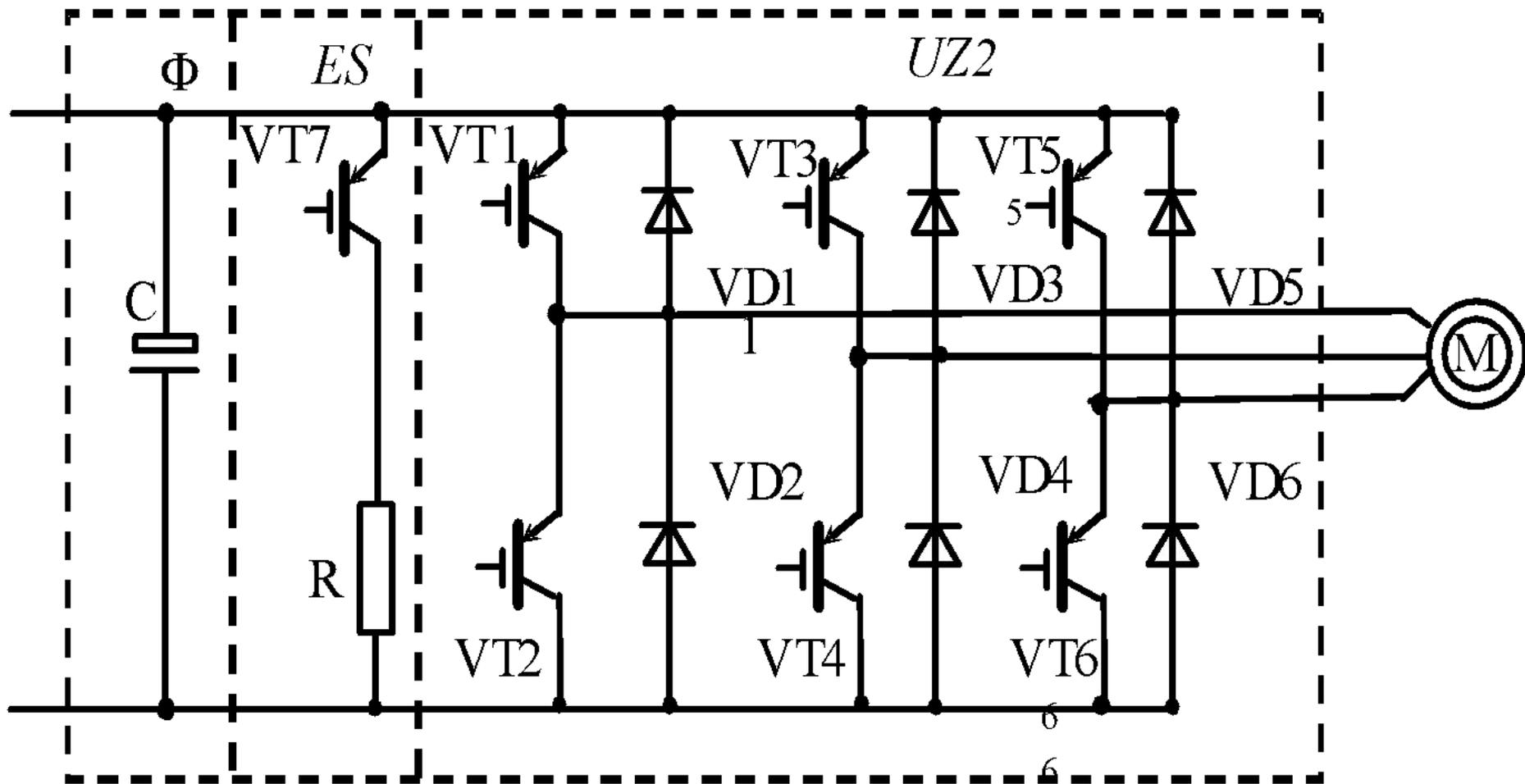


# Технические данные двигателя чистовой клетки 1LA8 407-2PM7

Наименование параметра	Обозначение	Значение параметра
типоразмер		400
номинальная мощность	$P_n$	680 кВт
номинальная частота	$f_n$	50 Hz
номинальное напряжение	$U_n$	690 В
номинальный ток, при 600 В.	$I_n$	640 А
номинальный момент	$M_n$	2175 Н·м
максимальный момент	$M_{max}$	3765.5 Н·м
момент инерции	$J_{дв}$	11 кг·м <sup>2</sup>
номинальная скорость вращения	$\omega_n$	2986 об / мин
номинальный косинус двигателя	$\cos \varphi_n$	0.9
коэффициент перегрузки $M_{max} / M_n$	$\lambda_M$	1.7
коэффициент перегрузки $I_{max} / I_n$	$\lambda_m$	7
сопротивление обмоток при 20°C:	$R_c$	0.018 Ом
число полюсов $2_p$	$m$	1
КПД		0.9
вес		

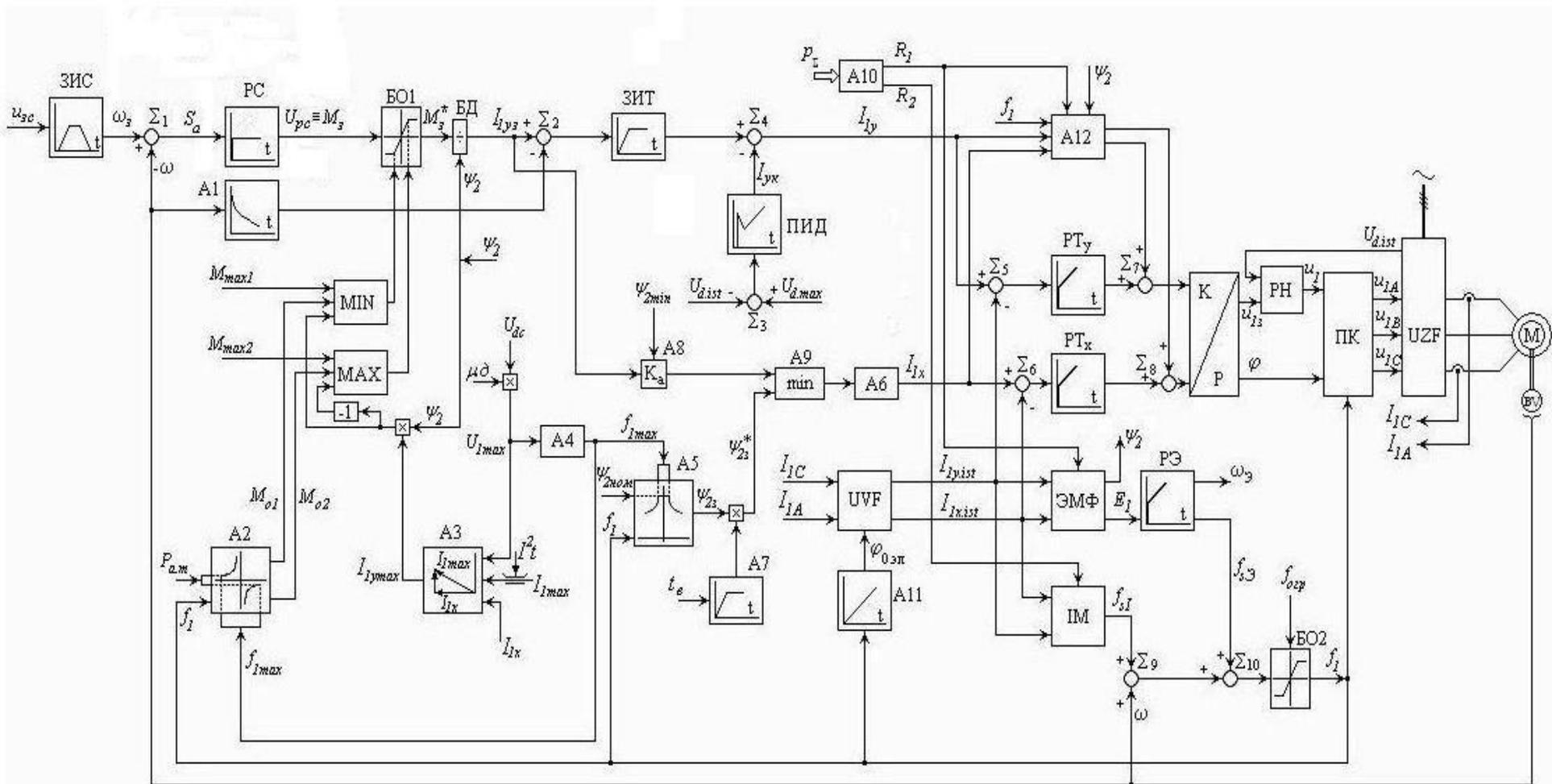


# Схема инвертора напряжения

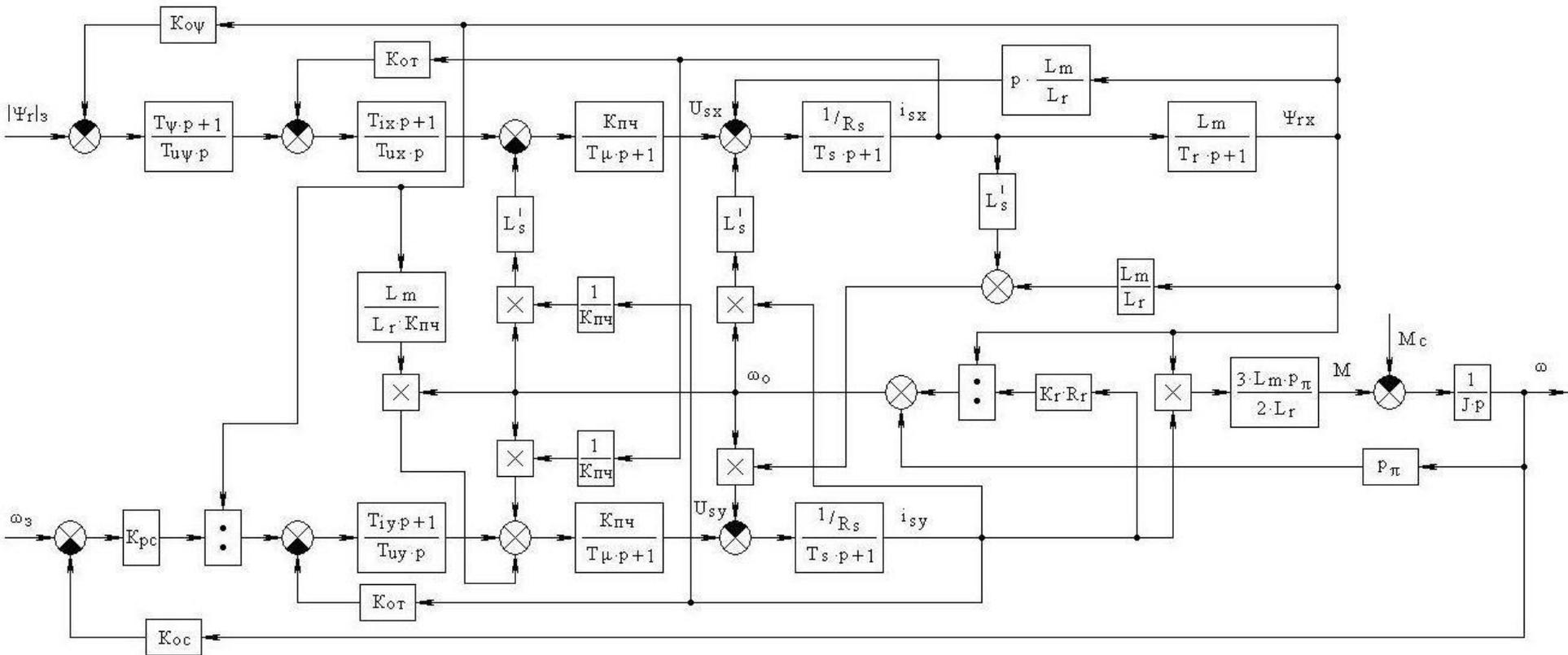




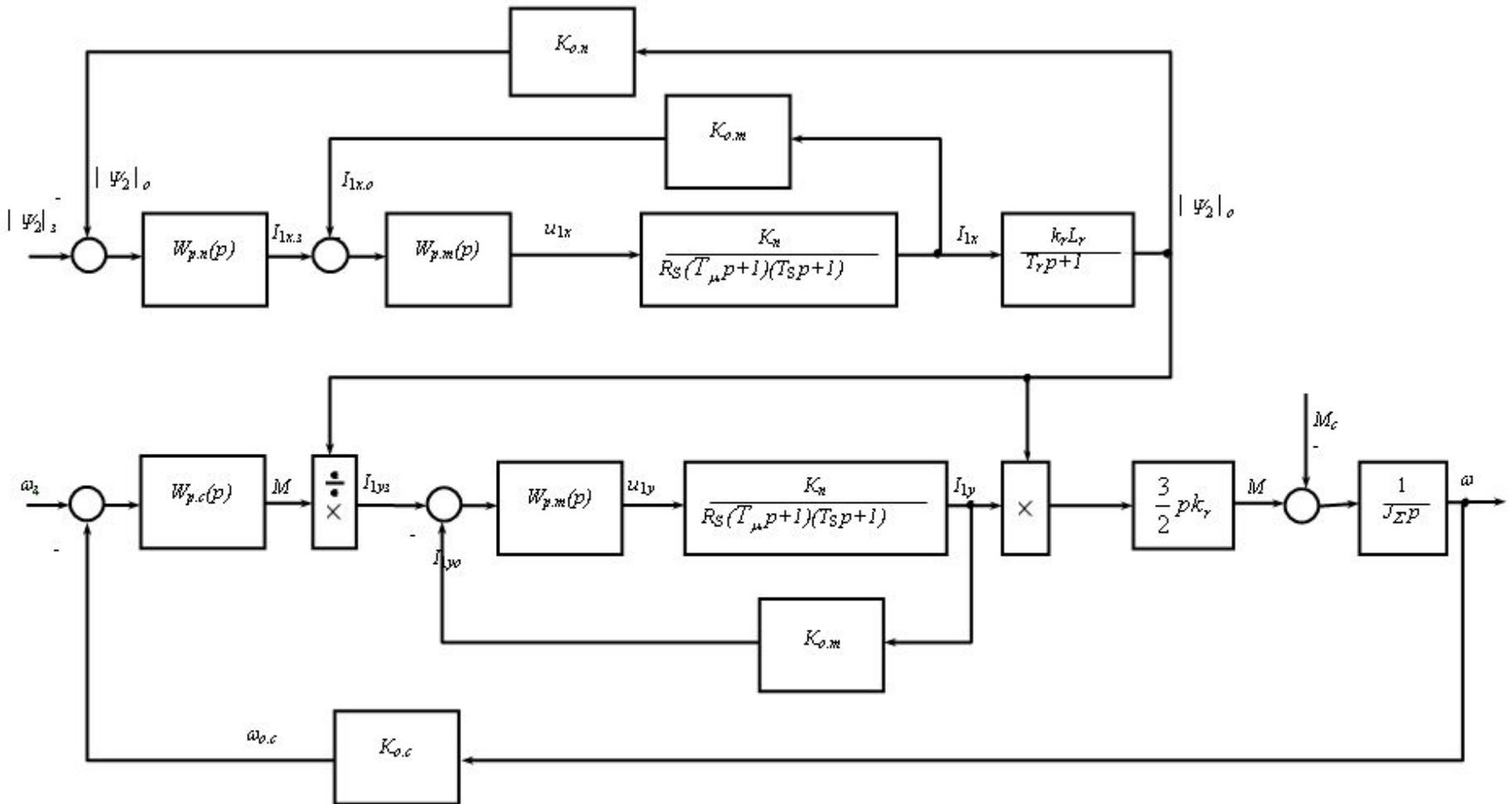
# Функциональная схема САРС



# Структурная схема САРС



# Преобразованная структурная схема САРС



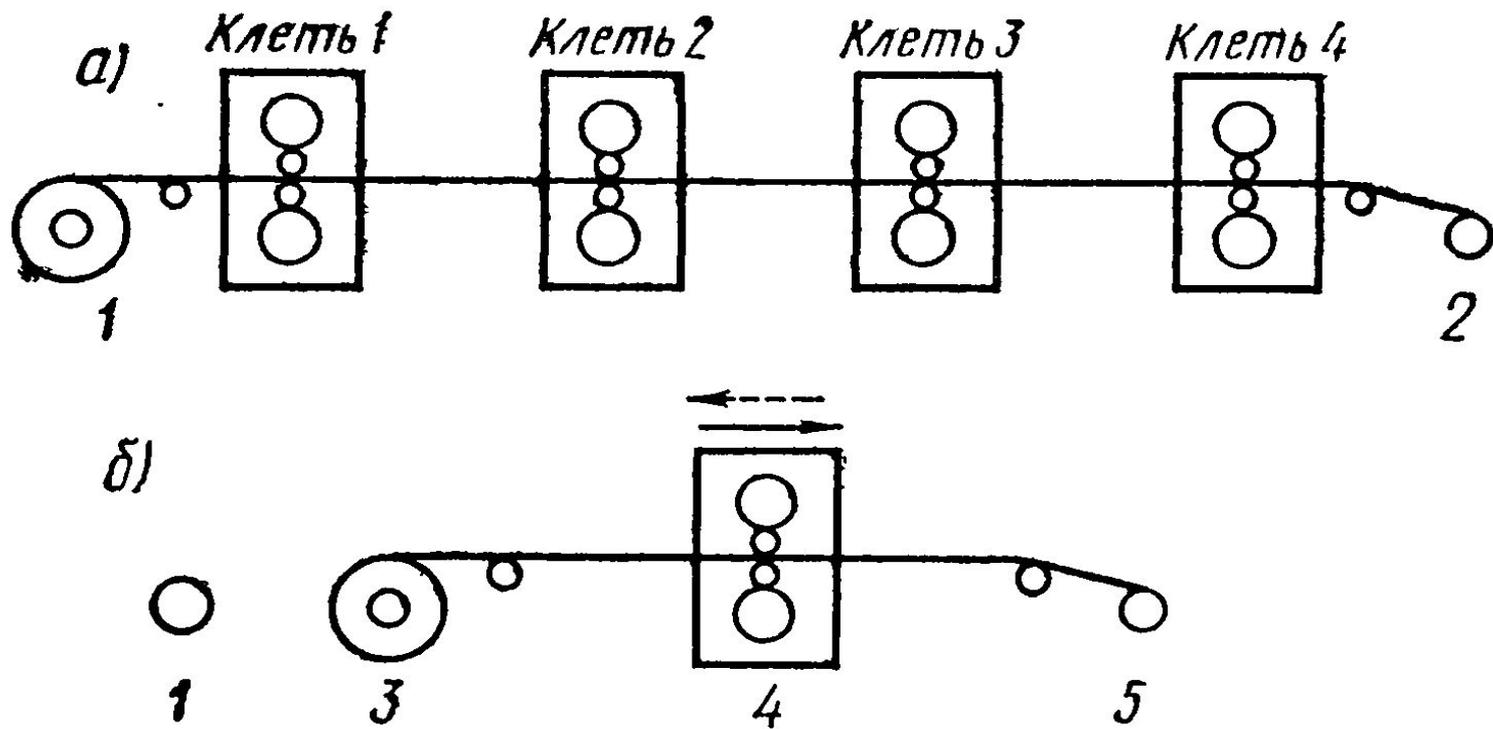


Рис. 13.1. Технологические схемы листовых станов холодной прокатки:

*а* — непрерывного; *б* — реверсивного; 1 — разматыватель; 2 — моталка; 3 — входная моталка; 4 — реверсивная клеть; 5 — выходная моталка

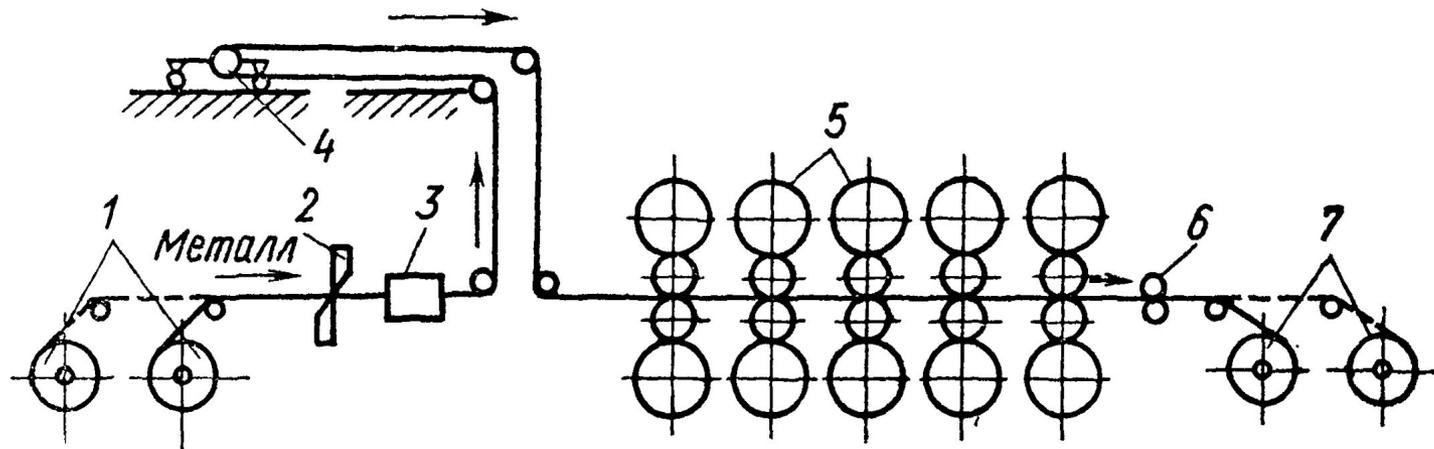


Рис. 13.2. Схема пятиклетьевого непрерывного стана кварто 1420 холодной прокатки жести фирмы «Nippon Кокап» (Япония)

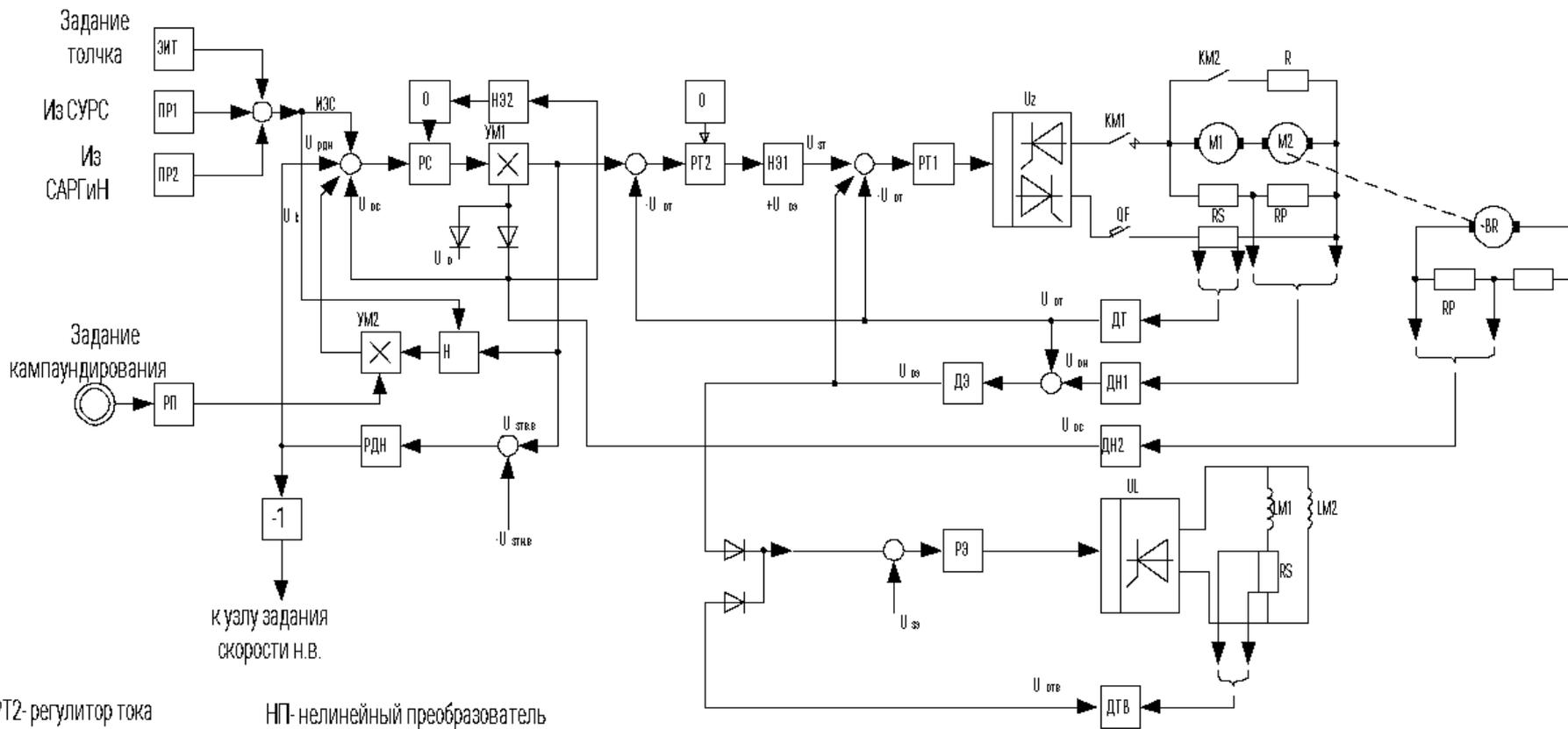
## АЭП непрерывных станов холодной прокатки

### Требования к электроприводу:

- 1) широкий диапазон регулирования скоростей двигателей главного периода от заправочной скорости, равной  $0,5 \div 1,0$  м/с, до максимальной, равной 30 м/с;
- 2) поддержание заданного соотношения скоростей рабочих валков во всех режимах с точностью порядка 1%;
- 3) возможность изменения скорости двигателей любой клетки при сохранении неизменными заданных темпов ускорения и замедления;
- 4) возможность толчковой работы;
- 5) возможность изменения степени жесткости механических характеристик двигателей главного привода;
- 6) автоматическое замедление стана при подходе сварных швов при окончании прокатки;
- 7) аварийное торможение при обрыве.

# Стан 630 холодной прокатки

Функциональная схема САРС клетки



PT1,PT2- регулятор тока  
 PC- регулятор скорости  
 РЭ- регулятор ЭДС  
 РДН- регулятор деления нагрузки  
 О- ограничение  
 НЭ- нелинейный элемент

НП- нелинейный преобразователь  
 ЗИТ- задатчик интенсивности толчка  
 ПР- потенциальный разделитель  
 Uот,Uон,Uос,Uоз,Uотв- сигналы обратной связи  
 Уз,Uэс,Uэа- сигналы задания  
 Uо- сигнал пропорциональный номинальной скорости

к узлу задания скорости н.в.

## АЭП реверсивных станов холодной прокатки

К электроприводу клетки реверсивного стана предъявляются следующие основные требования:

- 1) реверсирование рабочих валков клетки;
- 2) широкий диапазон регулирования скорости клетки как изменением напряжения якоря, так и потоком двигателя. Максимальная скорость прокатки на современных реверсивных станах достигает 15 м/с, а заправочная скорость —  $0,5 \div 1,0$  м/с; следовательно, диапазон регулирования составляет  $(15 \div 30) : 1$ ;
- 3) равномерный процесс разгона и торможения;
- 4) согласованная работа двигателя клетки с двигателями моталок.

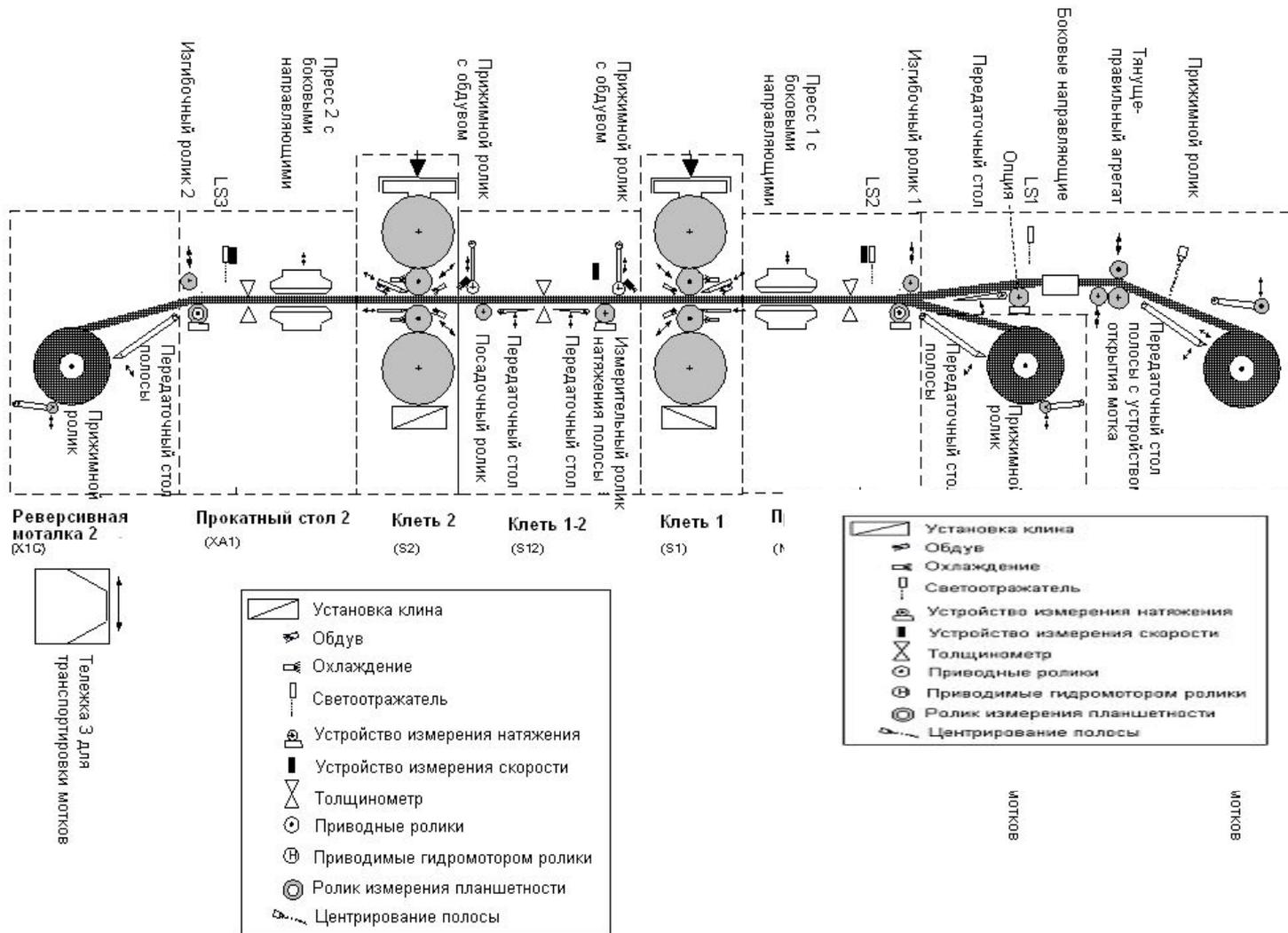
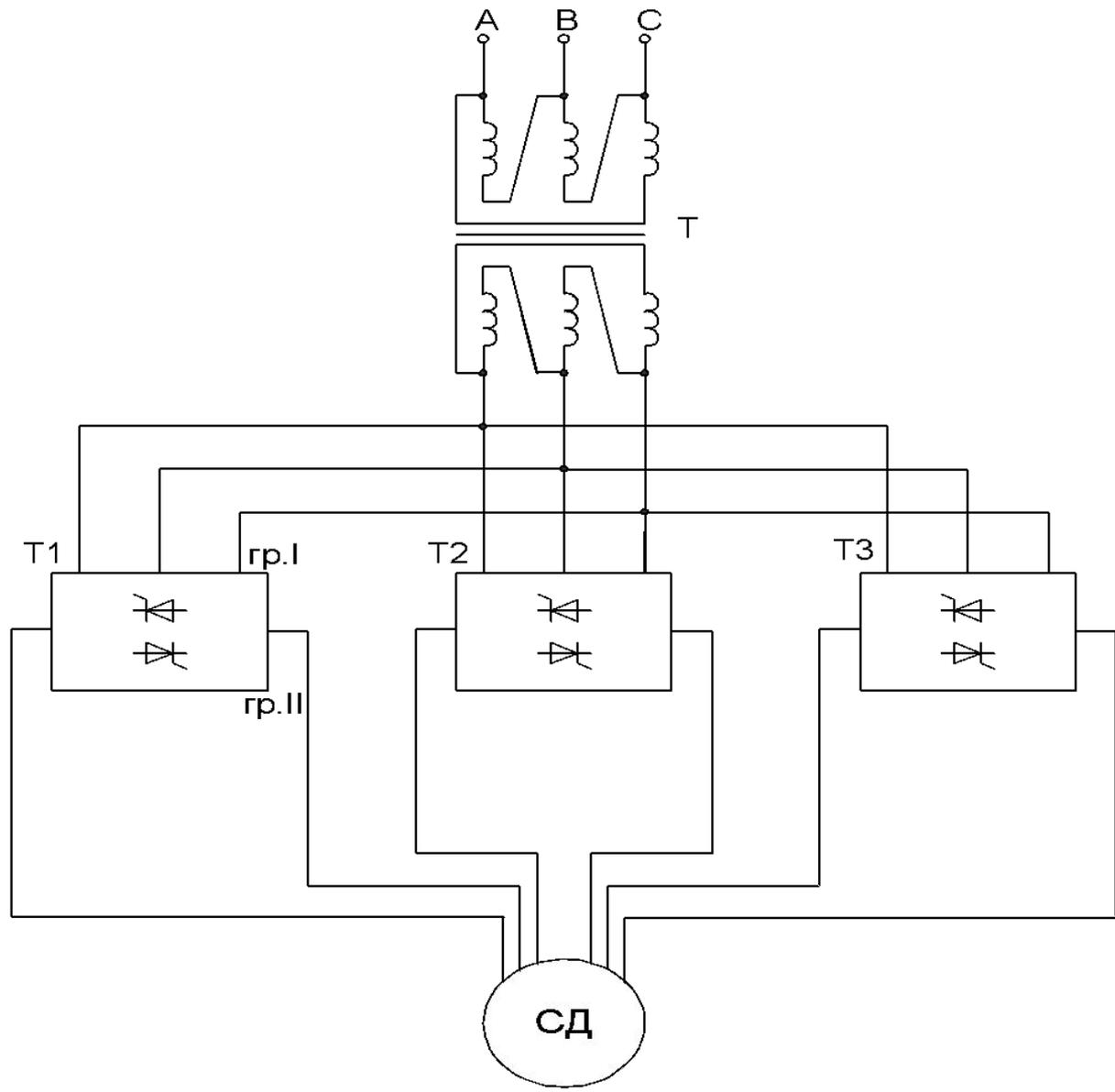


Рисунок 1.1 - Общая схема двухклетевого реверсивного стана





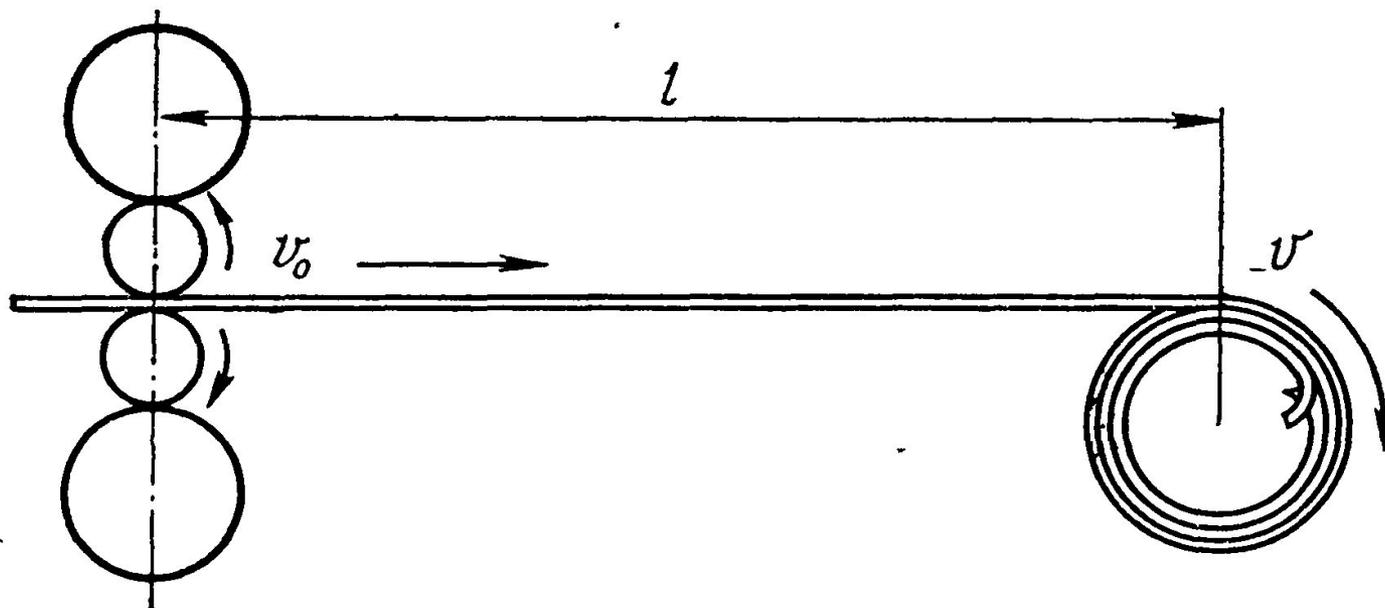


Рис. 13.11. Схема наматывания полосы на барабан моталки.

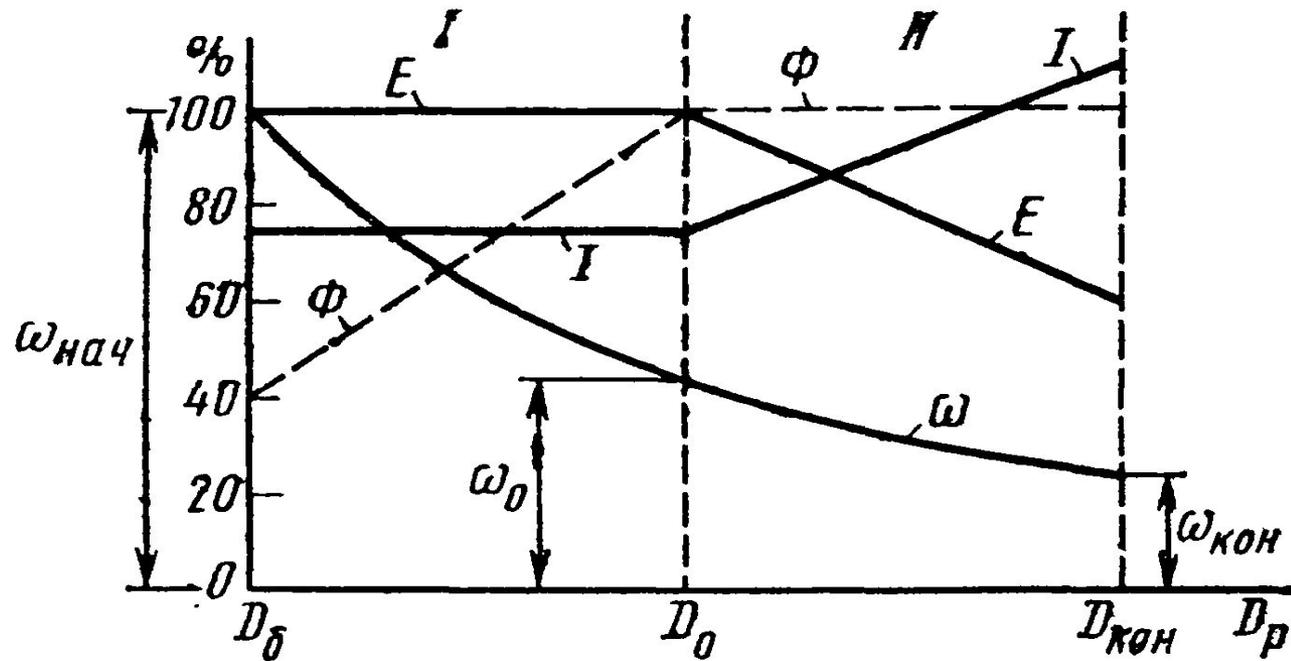


Рис. 13.12. Характер изменения параметров привода моталки при двухзонном регулировании:

$I$  — зона регулирования полем;  $II$  — зона регулирования напряжением

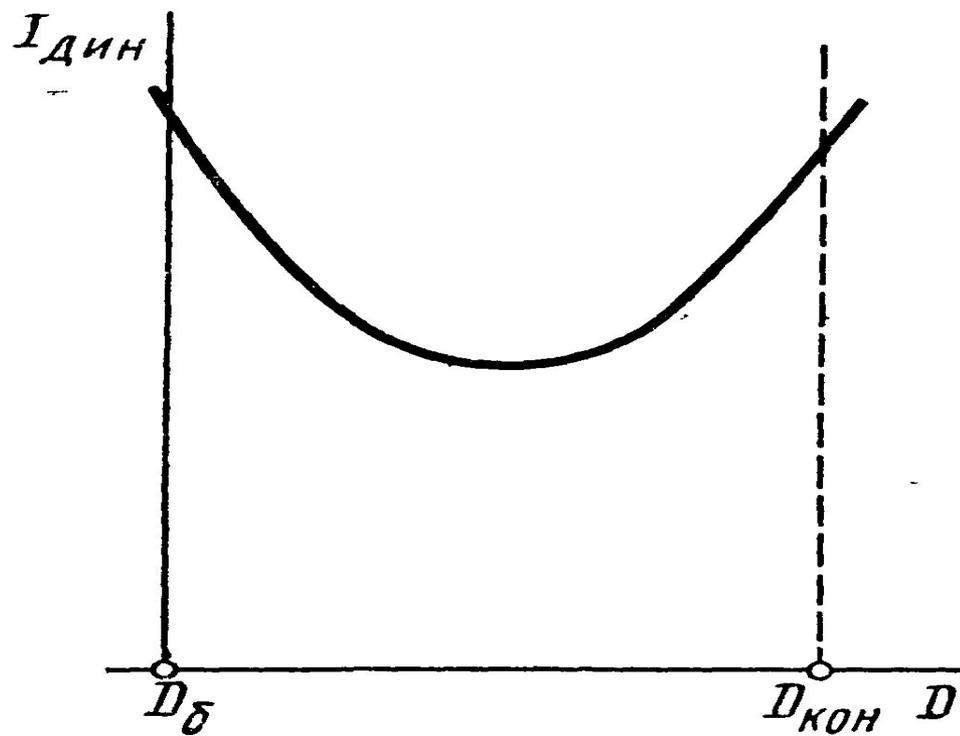
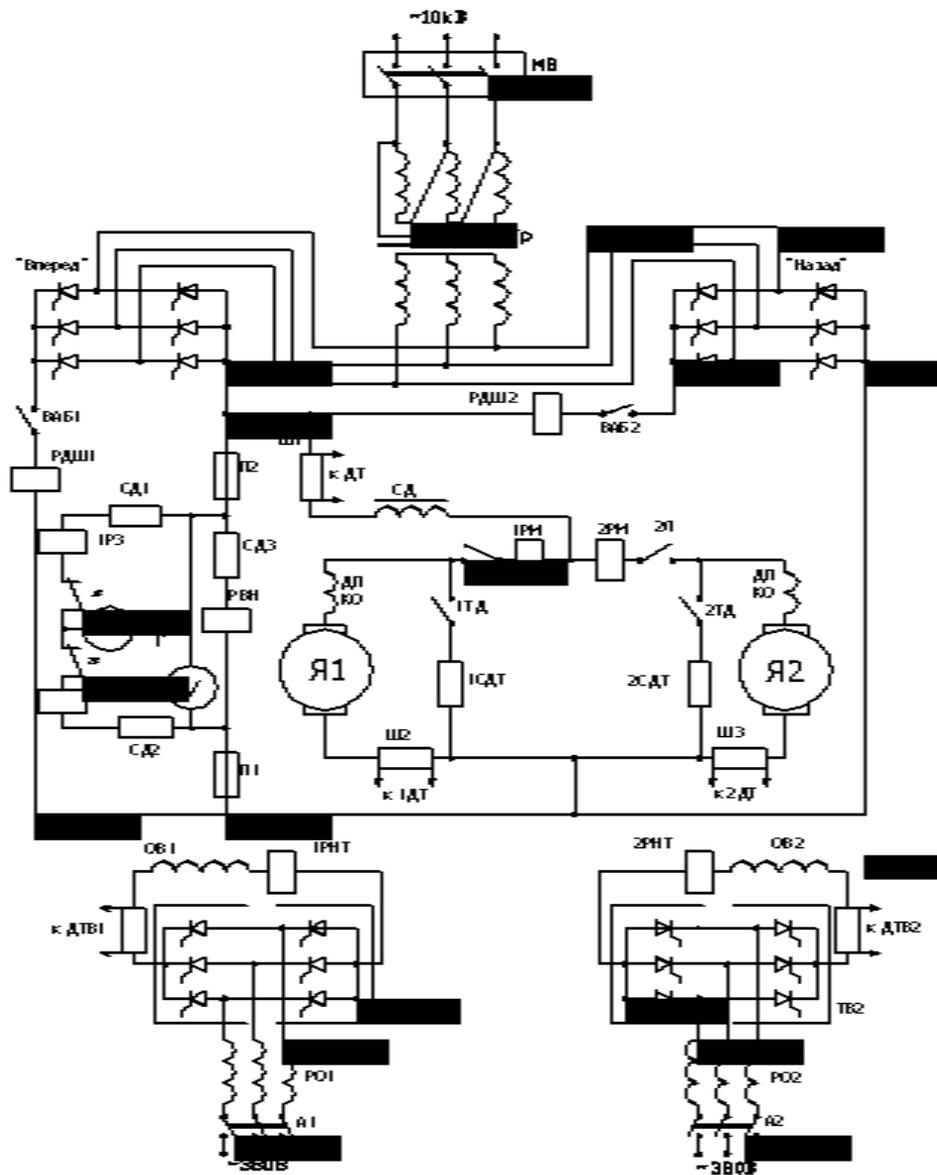


Рис. 13.14. Примерная кривая изменения динамической составляющей тока при разгоне моталки с разным диаметром рулона

# Схема силовой части электропривода моталки



# Функциональная схема САР электропривода моталки с двухзонным управлением

