

25. Выбег агрегатов СН при обесточивании. Индивидуальный и групповой выбег.

Назначение расчета выбега:

1. Сравнить частоту вращения n в конце выбега с критической частотой вращения, чтобы выяснить характер сопротивления (r, x) двигателя при расчете токов КЗ, самозапуска.
2. Используя параметры выбега, рассчитать самозапуск.
3. Сравнить частоту вращения n с частотой закрытия обратного клапана, чтобы выяснить, прекратится ли подача воды в котел.
4. Выяснить, насколько долго вращается ГЦН при обесточивании, чтобы обосновать необходимую инерционную постоянную T_j маховика.

Протекание выбега зависит от возмущения, предшествующего выбегу

1. Близкое КЗ

Напряжение на секции СН затухает за доли секунд до нуля.

Все двигатели переходят в генераторный режим.

**Индивидуальный
выбег**

2. Удаленное КЗ или обесточивание

Напряжение относительно долго не равно нулю ($\approx 1 \dots 1,5$ с).

Часть двигателей переходит в генераторный режим, а часть – остается в двигательном режиме.

**Групповой выбег
(пока $U > 0,3$), затем
индивидуальный выбег**

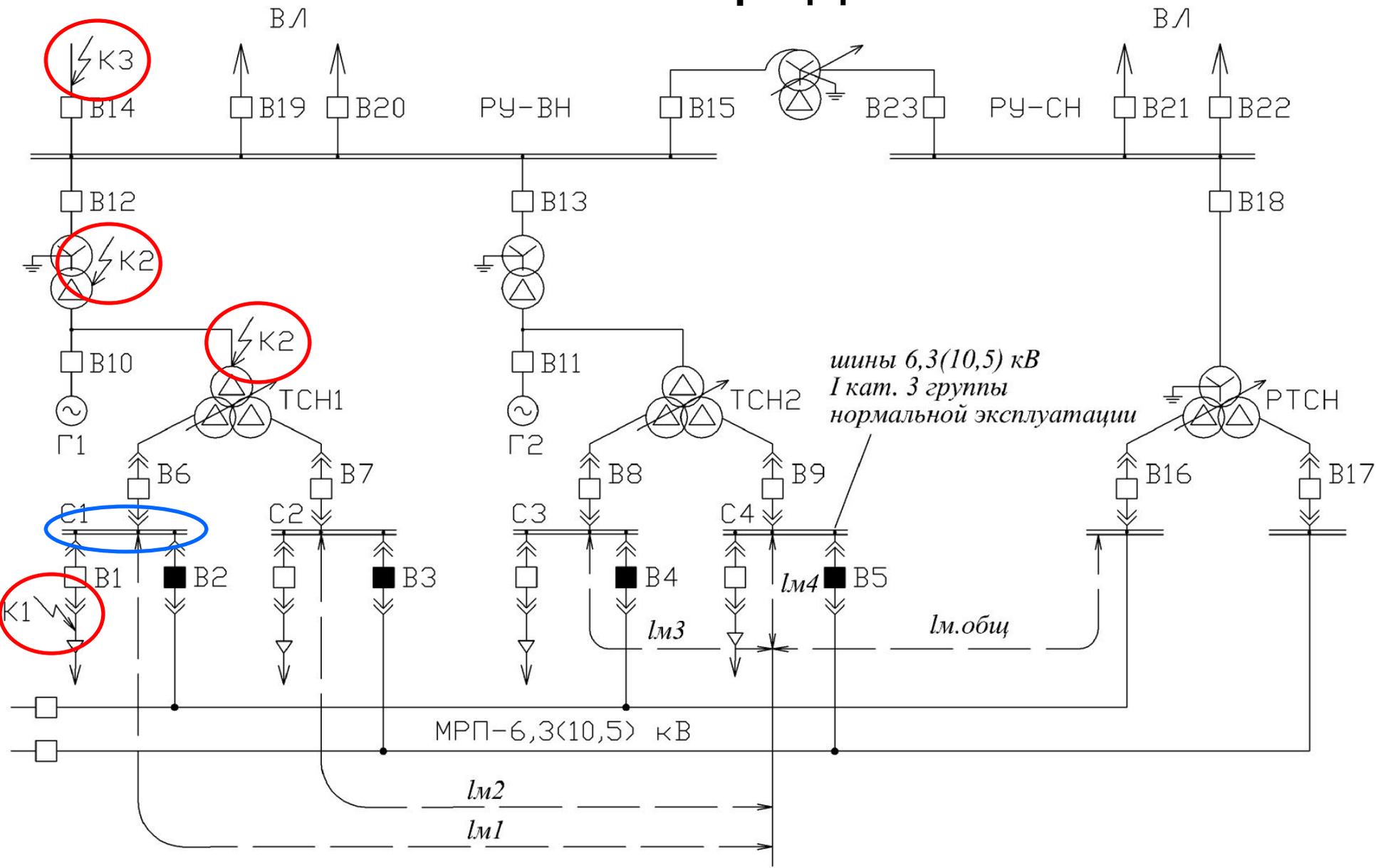
Вспомним картину переходных процессов

- при близком КЗ
- при удаленном КЗ (обесточивании)

Интересуют графики:

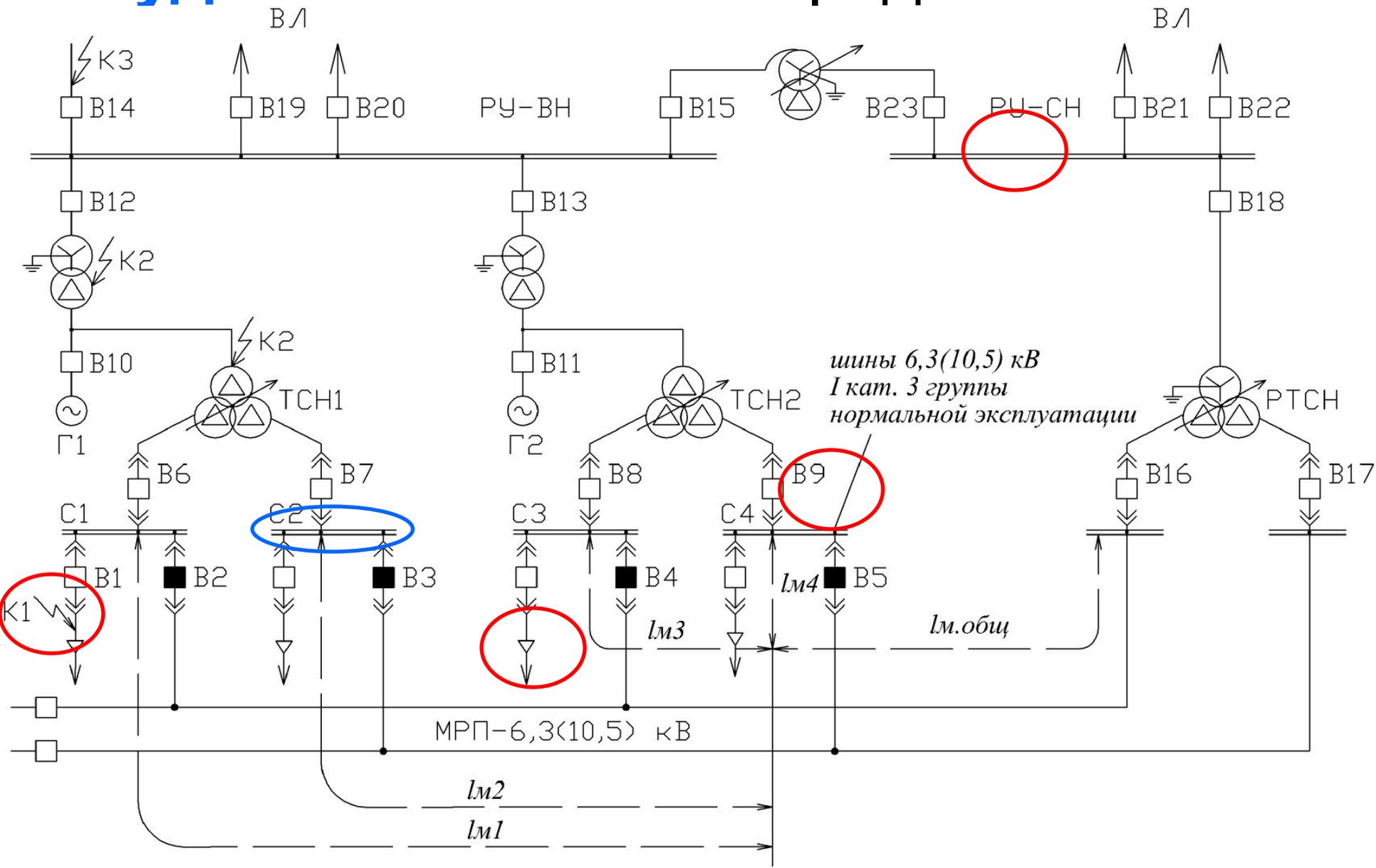
- $U(t)$
- $n(t)$
- $Me(t)$

Вспомним, какое КЗ является **близким** к электродвигателям

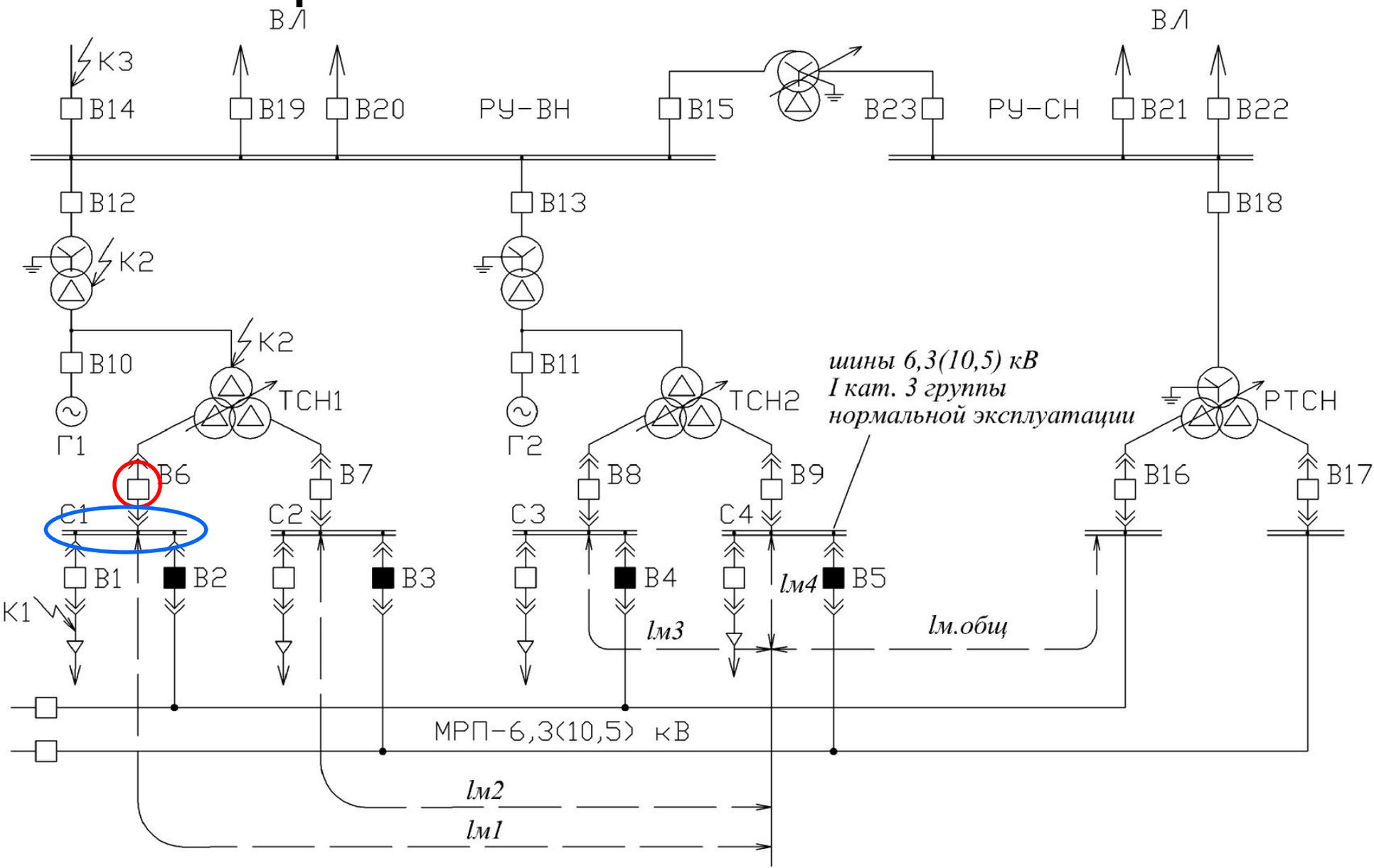


Вспомним, какое КЗ является

удаленным от электродвигателей



Вспомним, в какой ситуации может произойти **обесточивание**



26. Расчет скольжений электродвигателей в конце перерыва питания

Формулу для расчета скольжения, приобретаемого электродвигателем или их группой за время выбега t , можно получить из следующей зависимости:

$$S_t = S_{исх} + S_{выб} = S_{исх} + \frac{M_{c0*(б)} (1 - s_{исх})^2 \cdot t}{T_{J*(б)} + (1 - s_{исх}) \cdot M_{c*0(б)} \cdot t}$$

Скольжения при близком КЗ

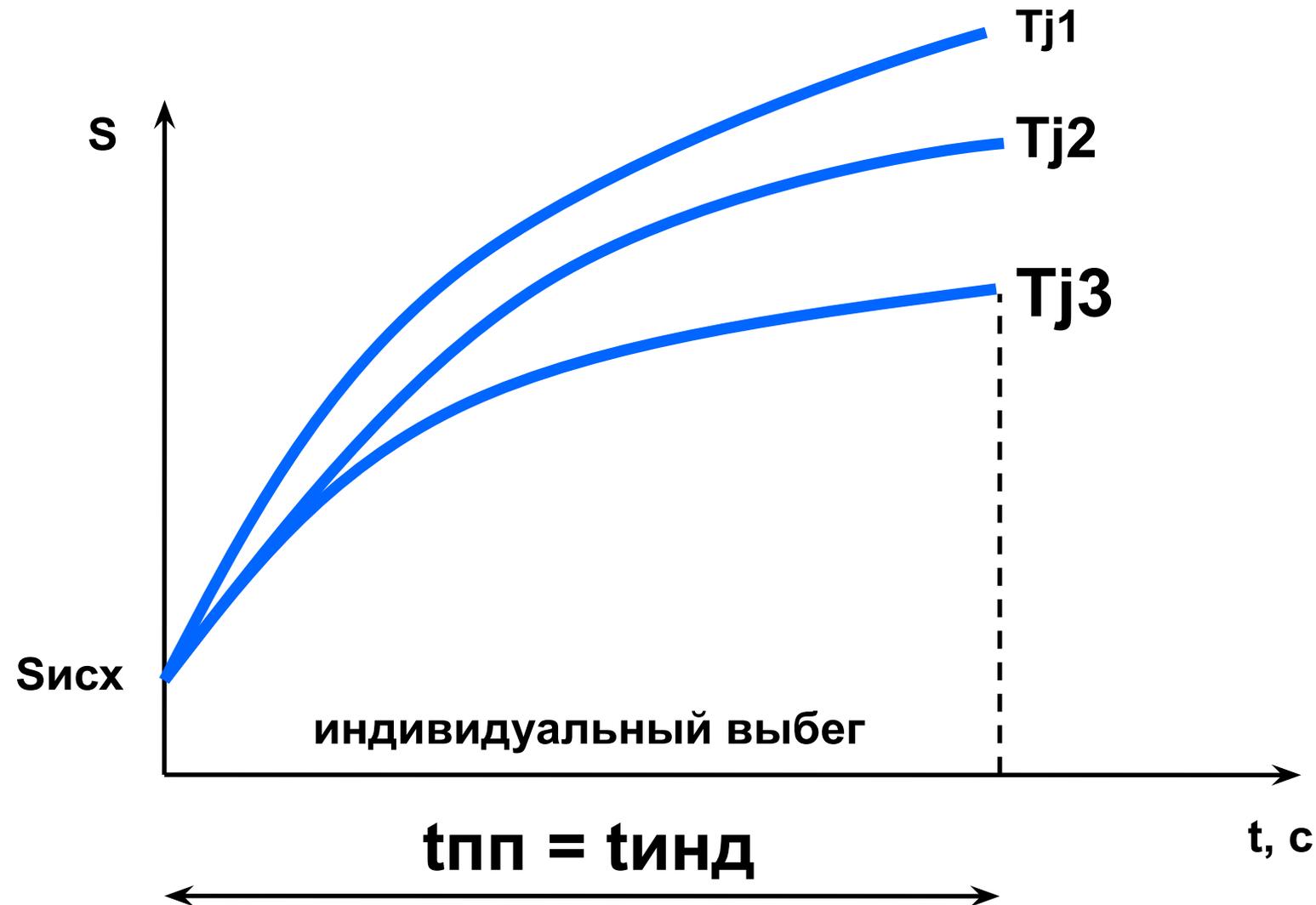
- Наиболее просто считается процесс самозапуска, связанный с коротким замыканием вблизи секций СН.
- При этом групповой выбег электродвигателей отсутствует, и все обесточенные электродвигатели тормозятся в соответствии с T_J , $K_{згр}$, видом момента сопротивления M_c .
- Начальные значения скольжений равны скольжениям в исходном режиме:

- $S_{исхк} = K_{згр} S_{нк}$
- При приведении к базисным условиям для k -ого двигателя имеем:

- $$M_{с0k^*(б)} = \frac{K_{згр} \cdot P_{дв.нк}}{S_{б}}$$

- $$T_{Jk^*(б)} = T_{Jk} \frac{P_{дв.нк}}{S_{б}}$$

Скольжения при индивидуальном выбеге



Скольжения при удаленном КЗ (обесточивании)

- Несколько сложнее выполняется расчет, если самозапуск связан с обесточиванием и наличием группового выбега длительностью $t_{гр}$.
- В этом случае используются эквивалентные значения для системы выбегающих двигателей.
- Начальное значение скольжения группы:

$$S_{\text{исх}\Sigma} = \frac{\sum_{k=1}^n S_{nk} K_{\text{згрк}} P_{\text{дв.нк}}}{\sum_{k=1}^n P_{\text{дв.нк}}}$$

- Эквивалентный момент сопротивления:

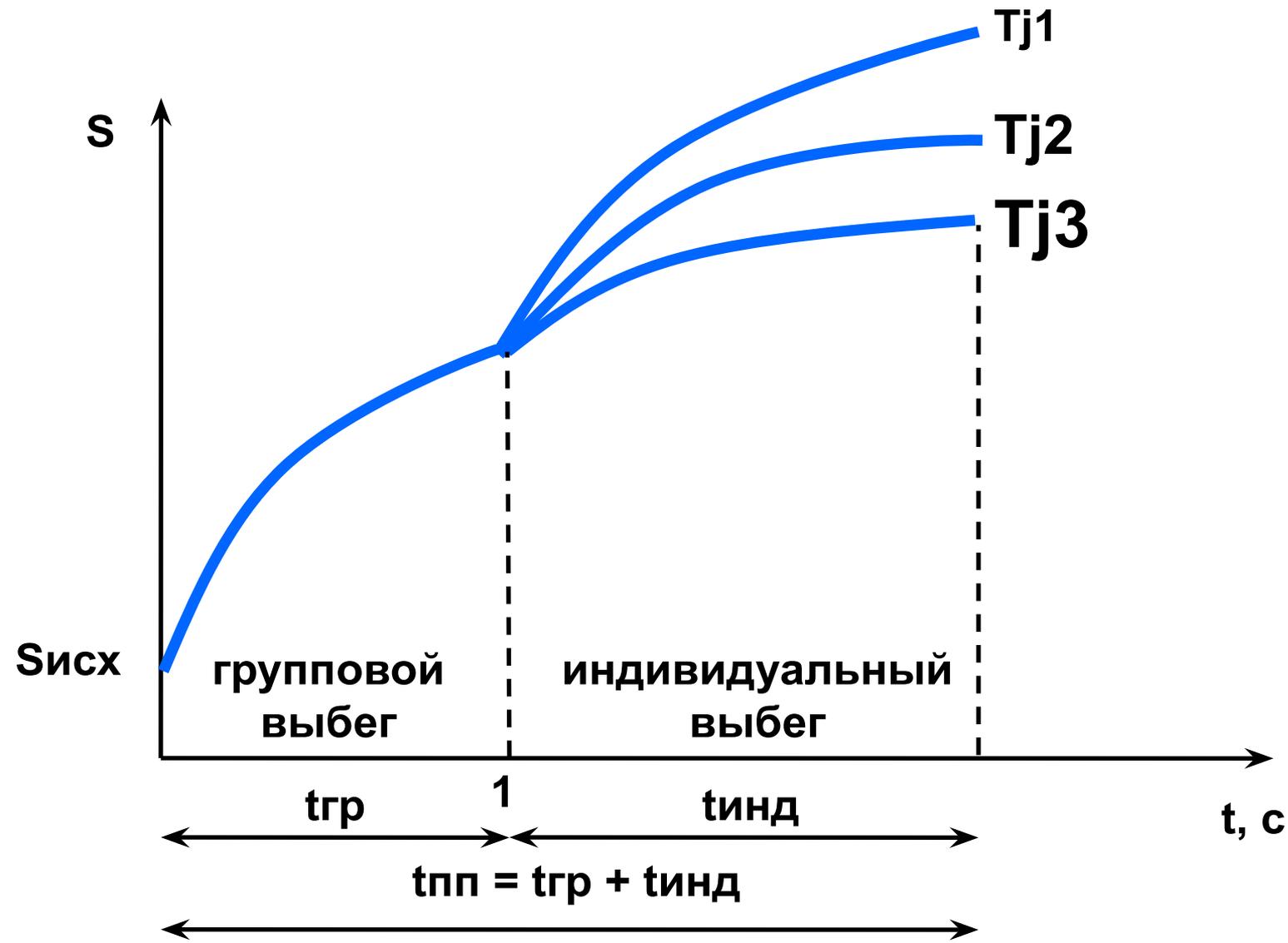
$$M_{\text{с0}\Sigma^*(\delta)} = \frac{1}{S_{\delta}} \sum_{k=1}^n K_{\text{згрк}} P_{\text{дв.нк}} = M_{\text{с0}\Sigma^*(\delta)}$$

- Эквивалентная инерционная постоянная:

$$T_{J\Sigma^*(\delta)} = \frac{1}{S_{\delta}} \sum_{k=1}^n T_{Jk} P_{\text{дв.нк}} = \sum_{k=1}^n T_{Jk^*(\delta)}$$

- При расчете группового выбега длительностью $t_{гр}$ можно принять $t_{гр} \approx 1$ с на основе опыта эксплуатации.
- По окончании группового выбега все электродвигатели будут иметь одинаковое скольжение $s_{гр}$, несмотря на различия в величинах T_J , $K_{згр}$ и вида M_c .

Скольжения при наличии группового выбега

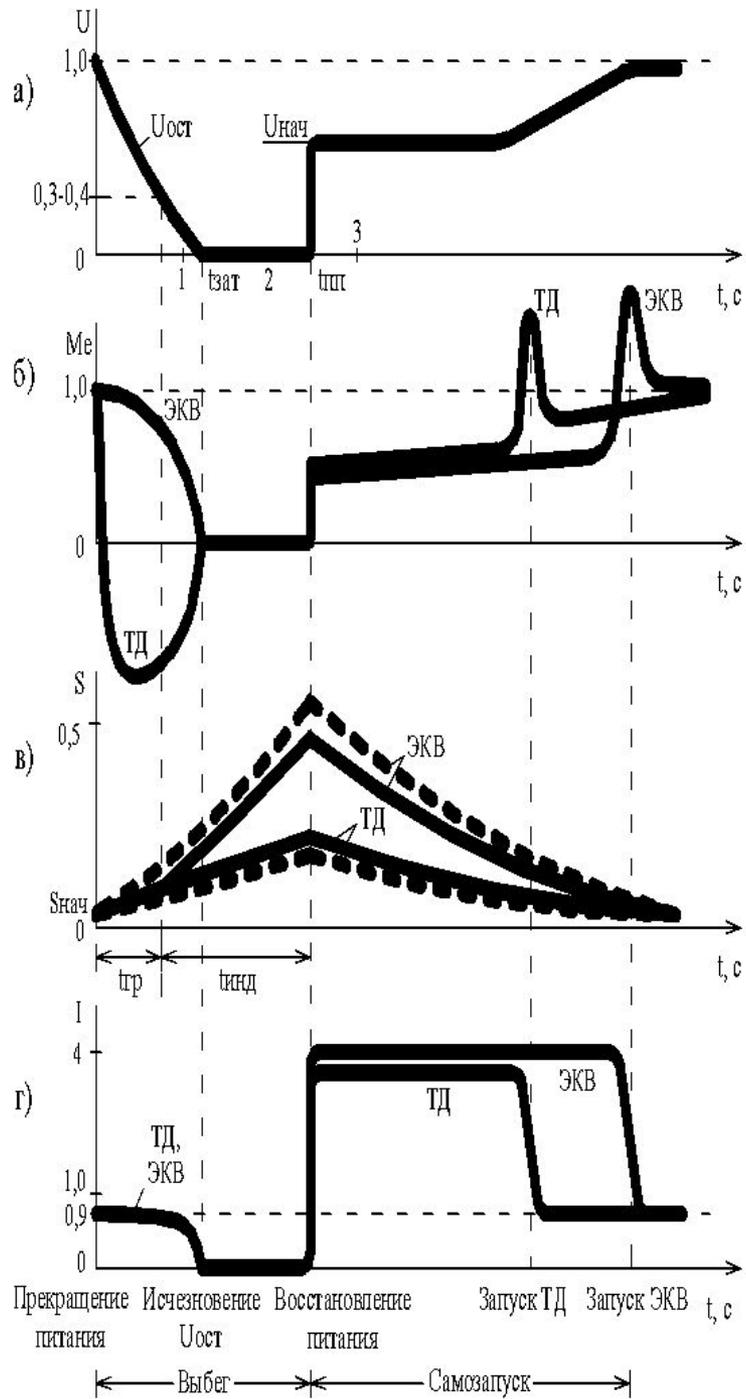


- Если по окончании группового выбега перерыв питания не завершился, далее следует индивидуальный выбег всех электродвигателей при равенстве нулю их электромагнитного момента $M_{ek} = 0$ длительностью $t_{инд}$, т.е. до момента восстановления питания.
- Если в процессе выбега электродвигателей будет достигнута частота вращения $n_{кл}$, соответствующая закрытию обратного клапана, то на последующей части выбега значение $M_{с0*(б)}$ определяется с поправкой на уменьшение момента сопротивления после прекращения подачи:

$$M_{с0*(б)} = \frac{K_{згр.к} P_{дв.н.к} M_{кл.к*(б)}}{S_{б} n_{кл.к*}^2}$$

27. Самозапуск электродвигателей собственных нужд.

Физическая картина
процессов при самозапуске



Сценарии протекания самозапуска АЭД собственных нужд электростанций

Пути возникновения самозапуска

1. Самозапуск от ТСН без действия АВР

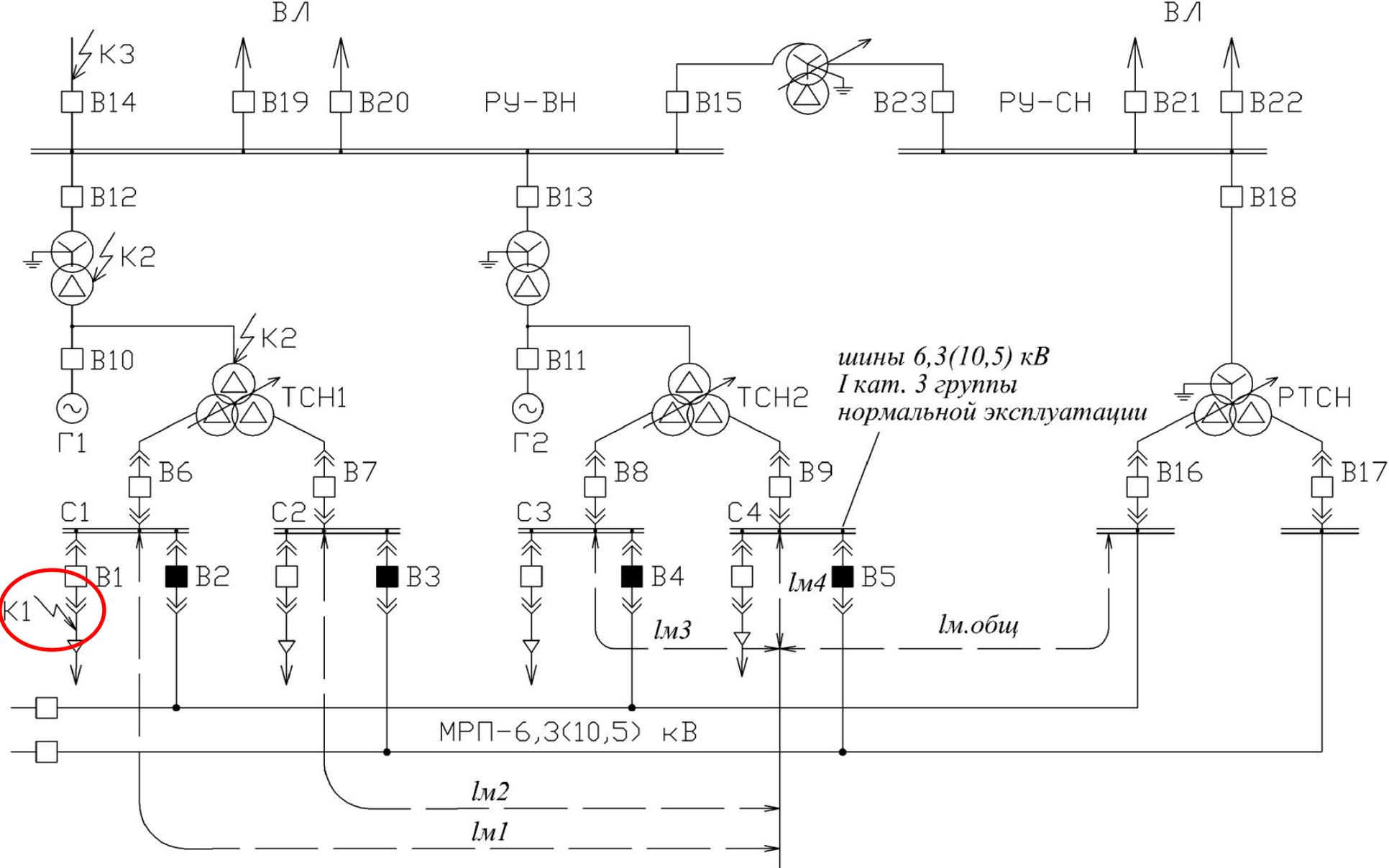
- а) КЗ на присоединении 6 кВ (точка *K1*).
- б) КЗ во внешней сети (точка *K3*).
- в) КЗ во внешней сети (точка *K3*) + отказ основной защиты и действие резервной.
- г) КЗ во внешней сети (точка *K3*) + отказ выключателя *B14* + УРОВ.

2. Самозапуск от РТСН при действии АВР

- д) КЗ в точке *K3* + отказ в отключении выключателя *B14*.
- е) КЗ в цепи ТСН или в трансформаторе блока (точка *K2*).
- ж) КЗ (точка *K2*) + отказ основных защит ТСН.
- з) Ошибочное или самопроизвольное отключение выключателя рабочего ввода (*B6*).

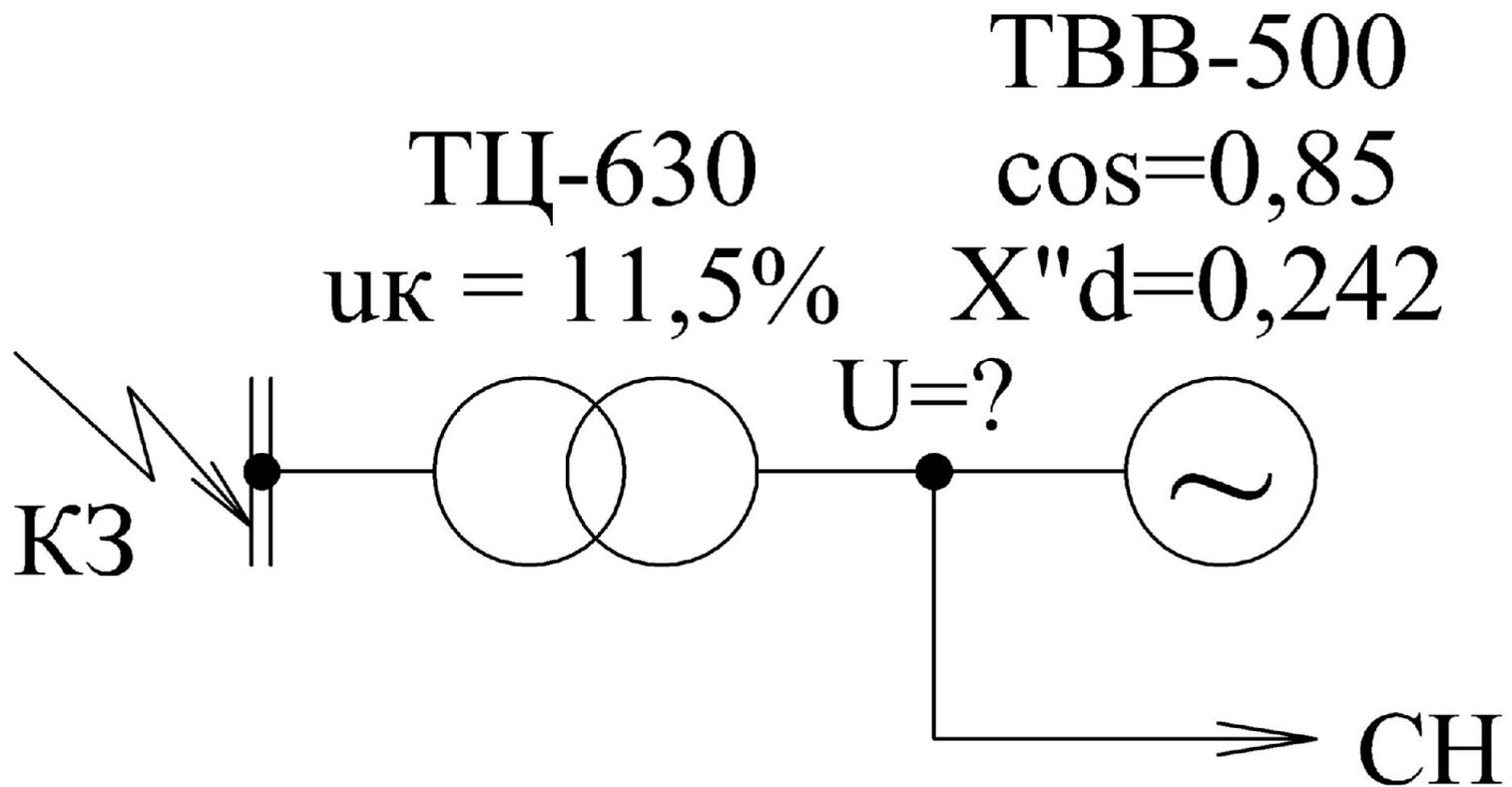
Пути возникновения самозапуска

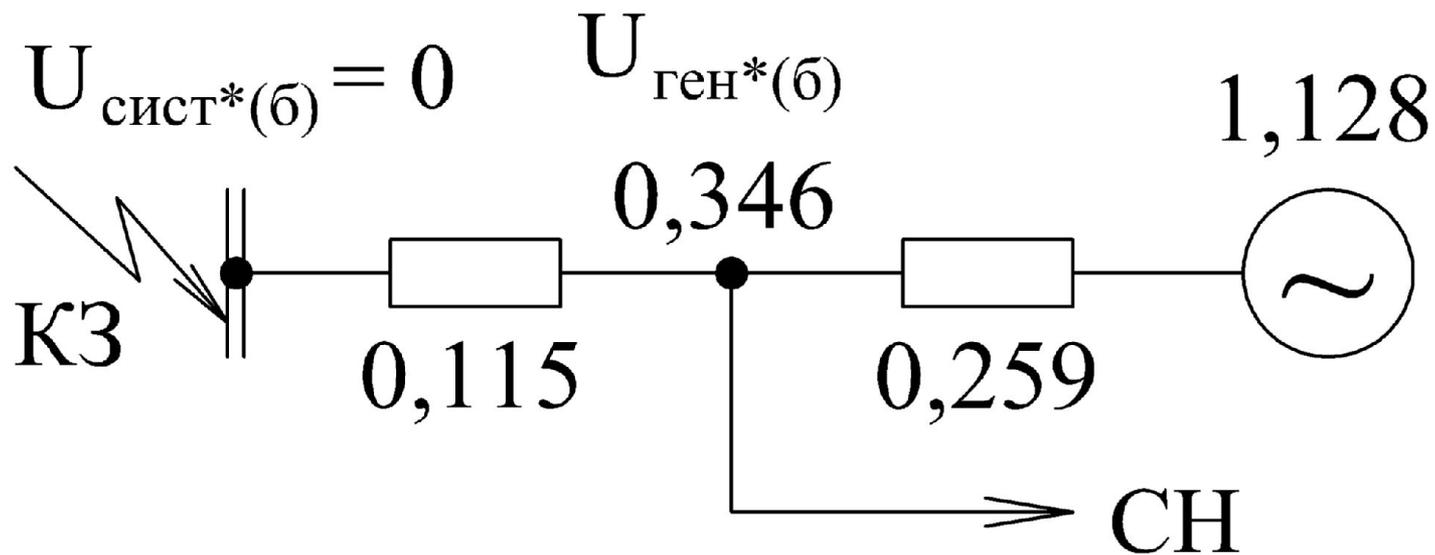
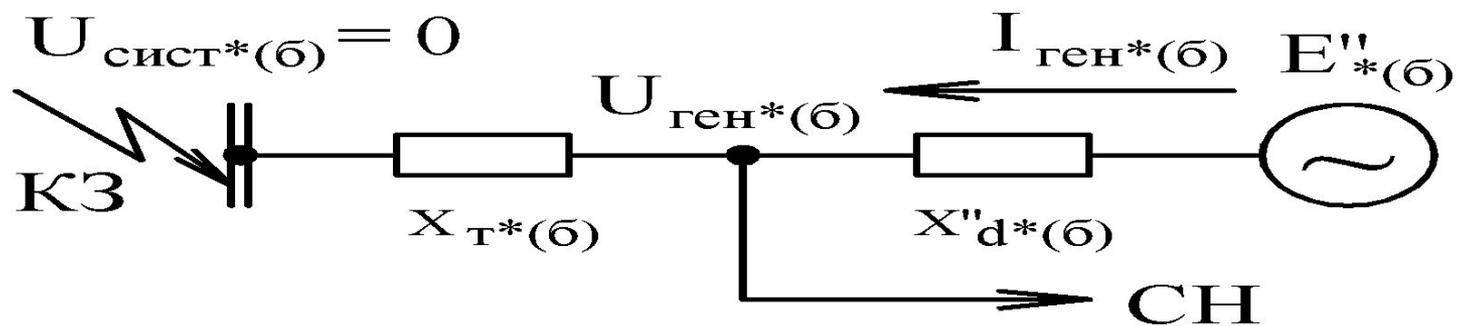
1. Самозапуск от ТСН без действия АВР



$$t_{п.п.} = t_3 + t_{откл.в.} = 0,05 + (0,025 \div 0,12) = 0,075 \div 0,17 \text{ с.}^{22}$$

Расчёт напряжения на секциях СН при КЗ на шинах РУ-ВН





при $S_{б} = 630$ МВА

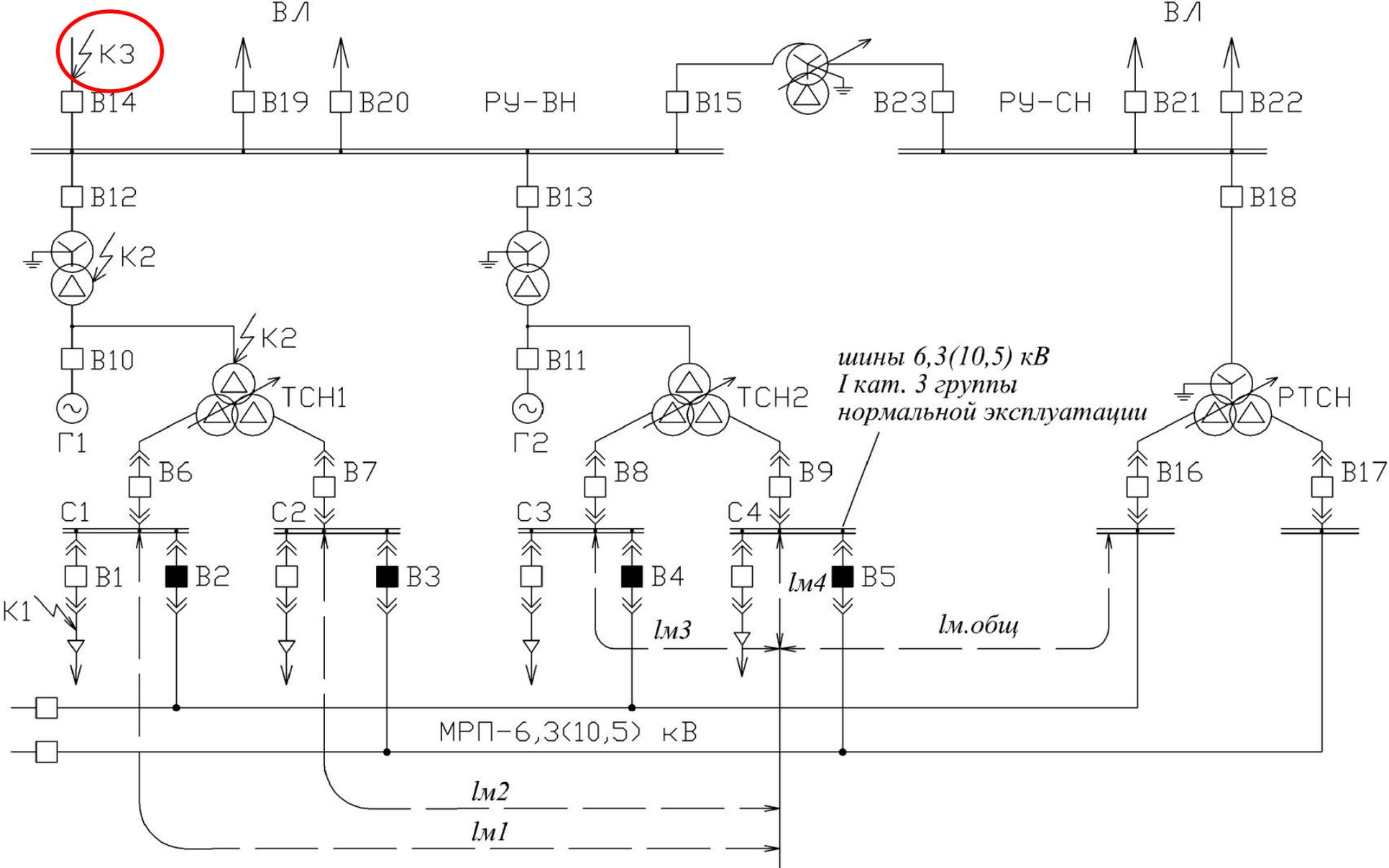
Для асинхронного электродвигателя

$$M_e \sim U^2$$

$$M_{e*} = U_*^2 = 0,346^2 = 0,12 \text{ о.е.}$$

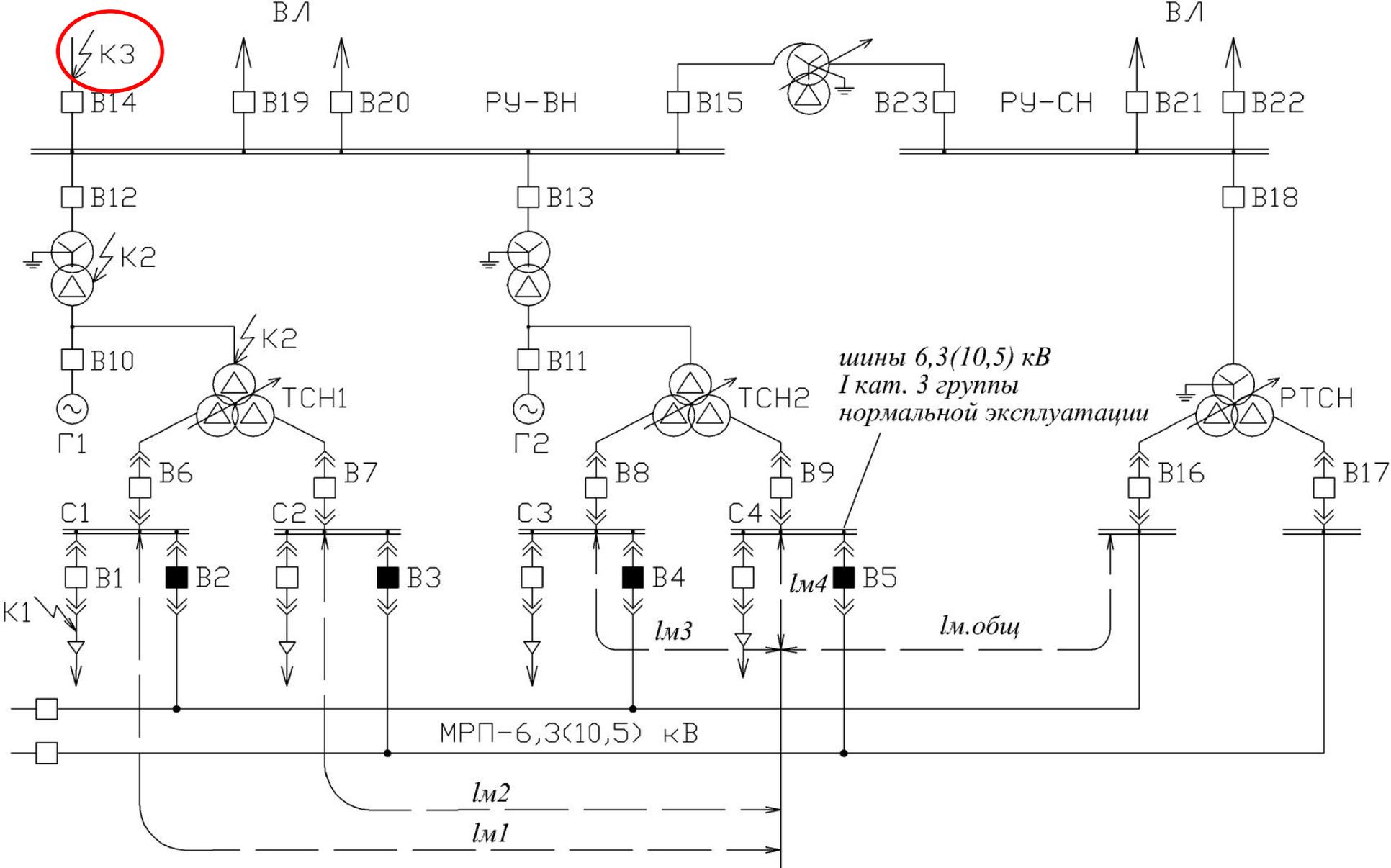
Вывод:

**КЗ в РУ-ВН для двигателей СН 6 кВ
эквивалентно обесточиванию**

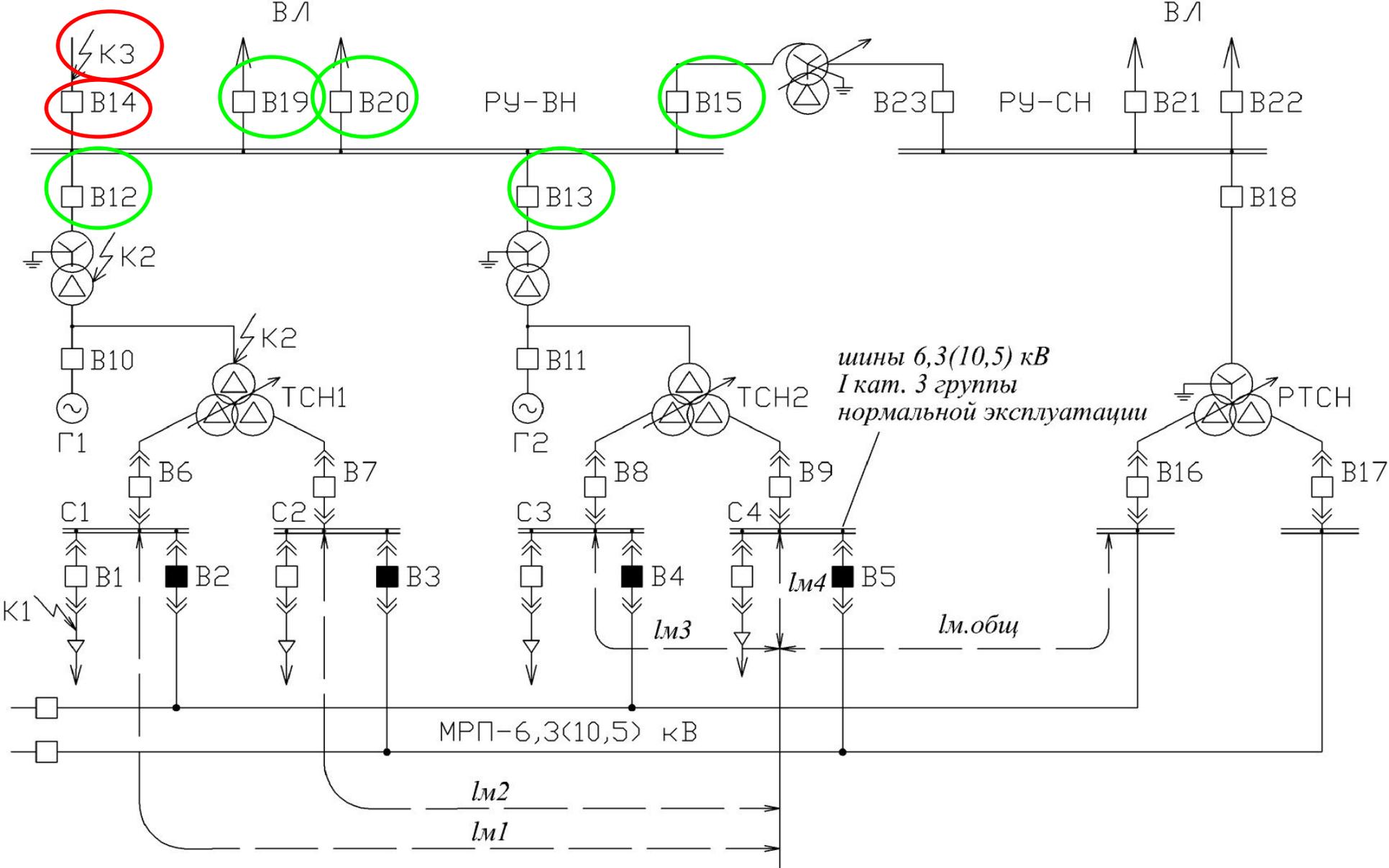


б) КЗ во внешней сети (точка КЗ).

$$t_{п.п.} = t_{з.осн} + t_{откл.в.} = 0,05 + (0,04 \div 0,08) = 0,09 \div 0,13 \text{ с.}$$



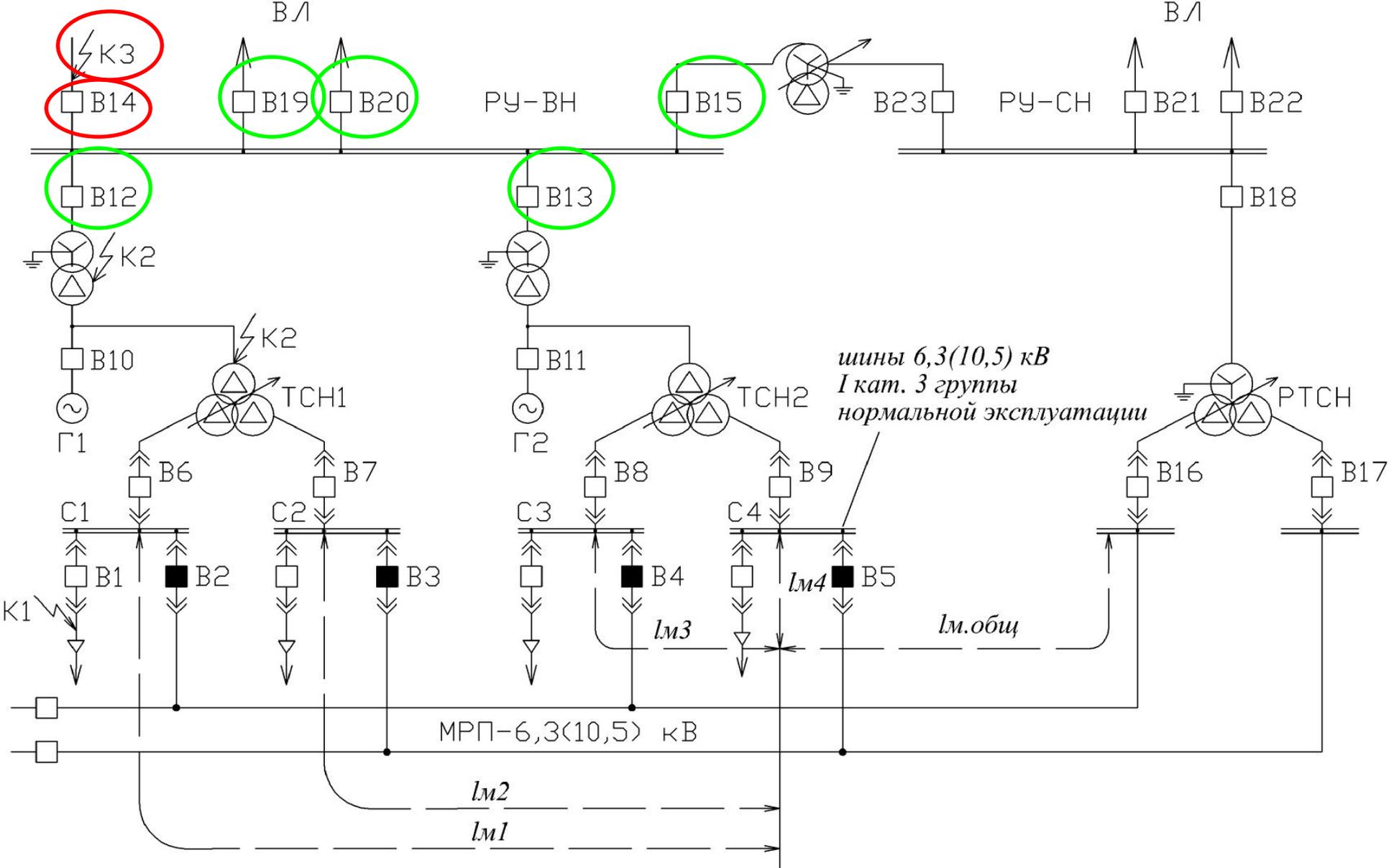
в) КЗ во внешней сети (точка КЗ) + отказ основной защиты.
 $t_{п.п} = t_{з.рез} + t_{откл.в} \approx 1,0$ с.



г) КЗ во внешней сети (точка КЗ) + отказ выключателя В14 + УРОВ.
 $t_{п.н.} = t_{УРОВ} + t_{откл.в.} = (0,3 \div 0,4) + (0,04 \div 0,08) = 0,34 \div 0,48 \text{ с}^{28}$

Пути возникновения самозапуска

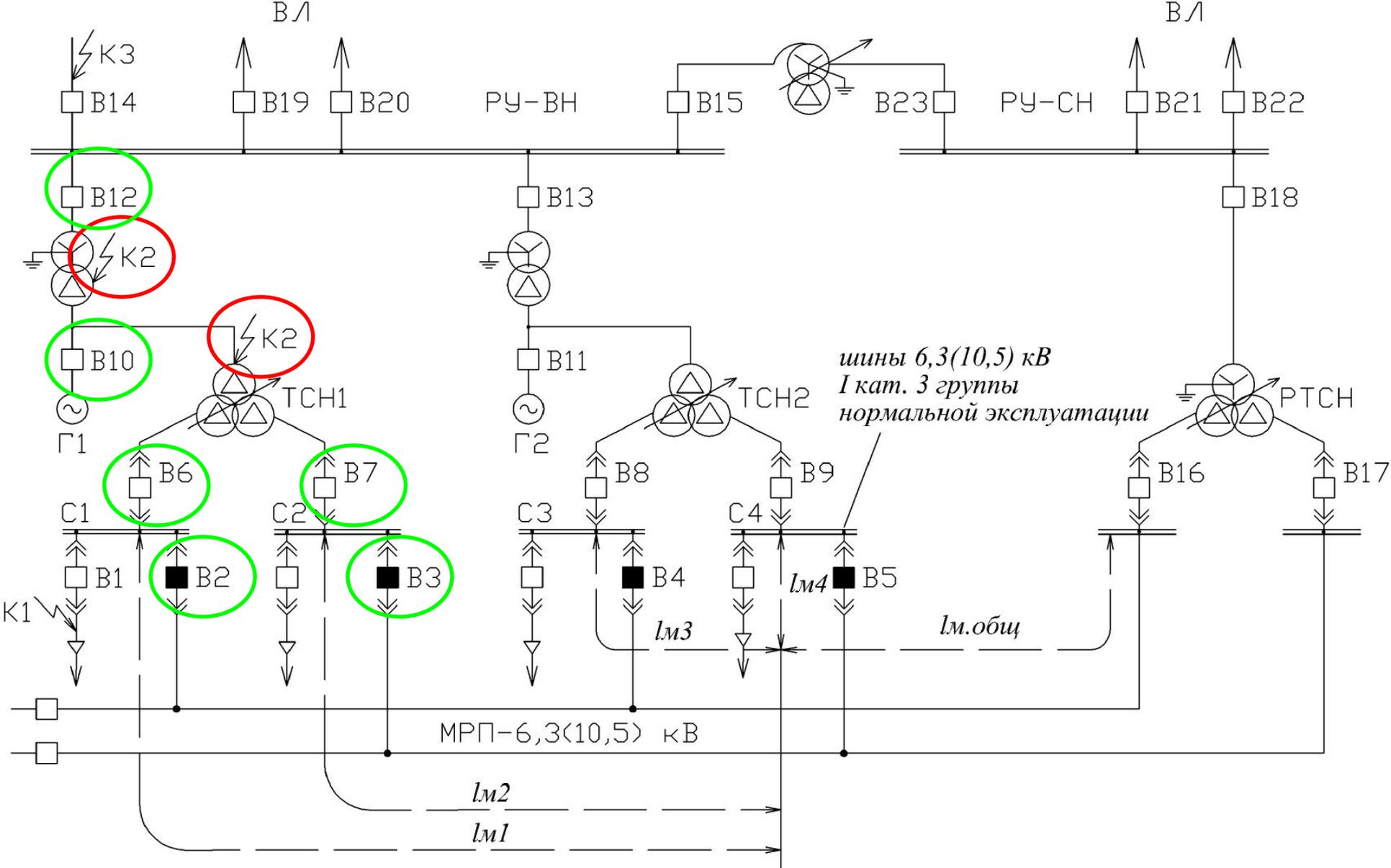
2. Самозапуск от РТСН при действии АВР



д) КЗ в точке К3 + отказ в отключении выключателя В14 + УРОВ

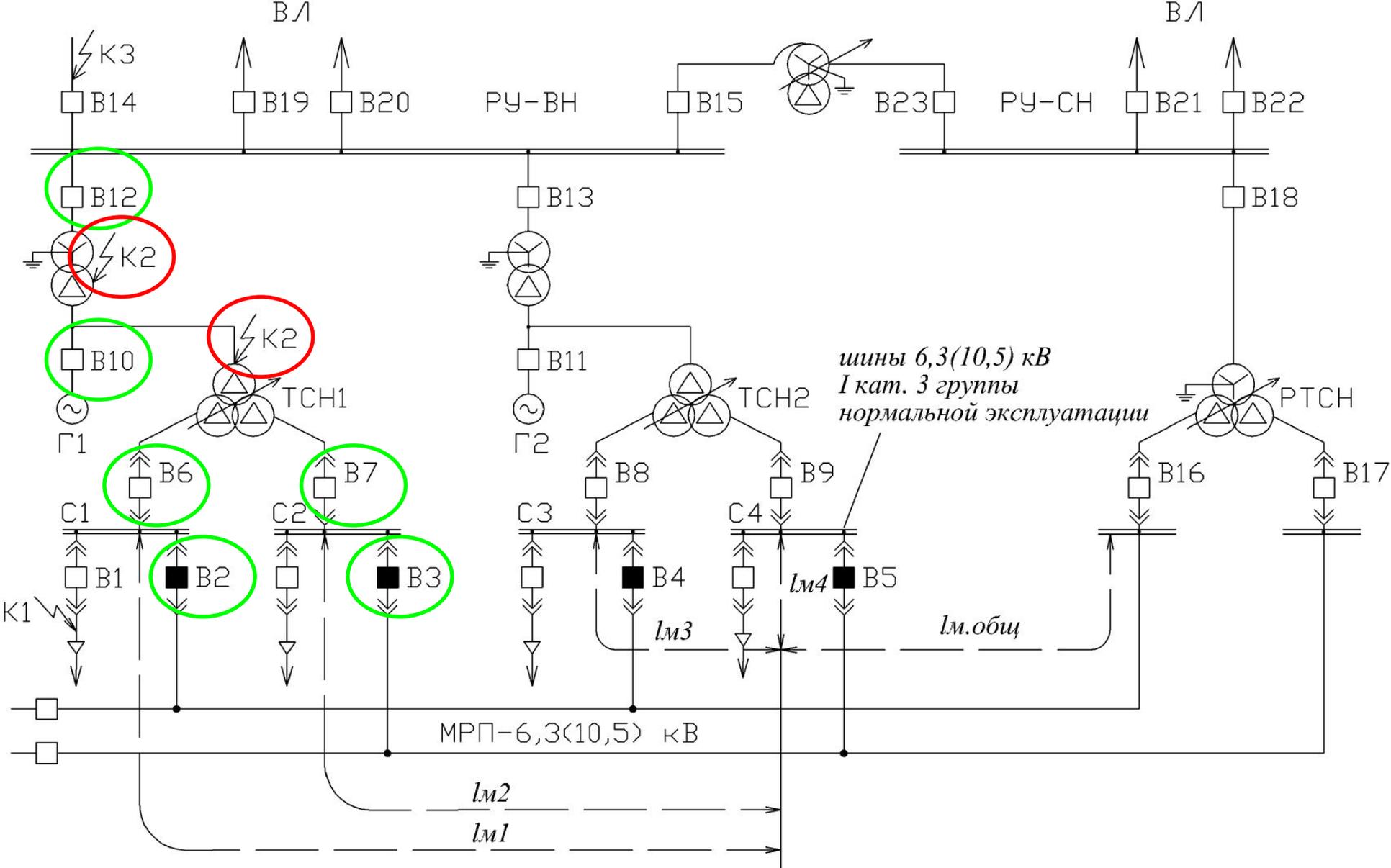
$$t_{п.п.} = t_{уров} + t_{откл.в} + t_{вкл.в.} =$$

$$= (0,3 \div 0,4) + (0,025 \div 0,12) + (0,065 \div 0,35) = 0,39 \div 0,87 \text{ с.}$$



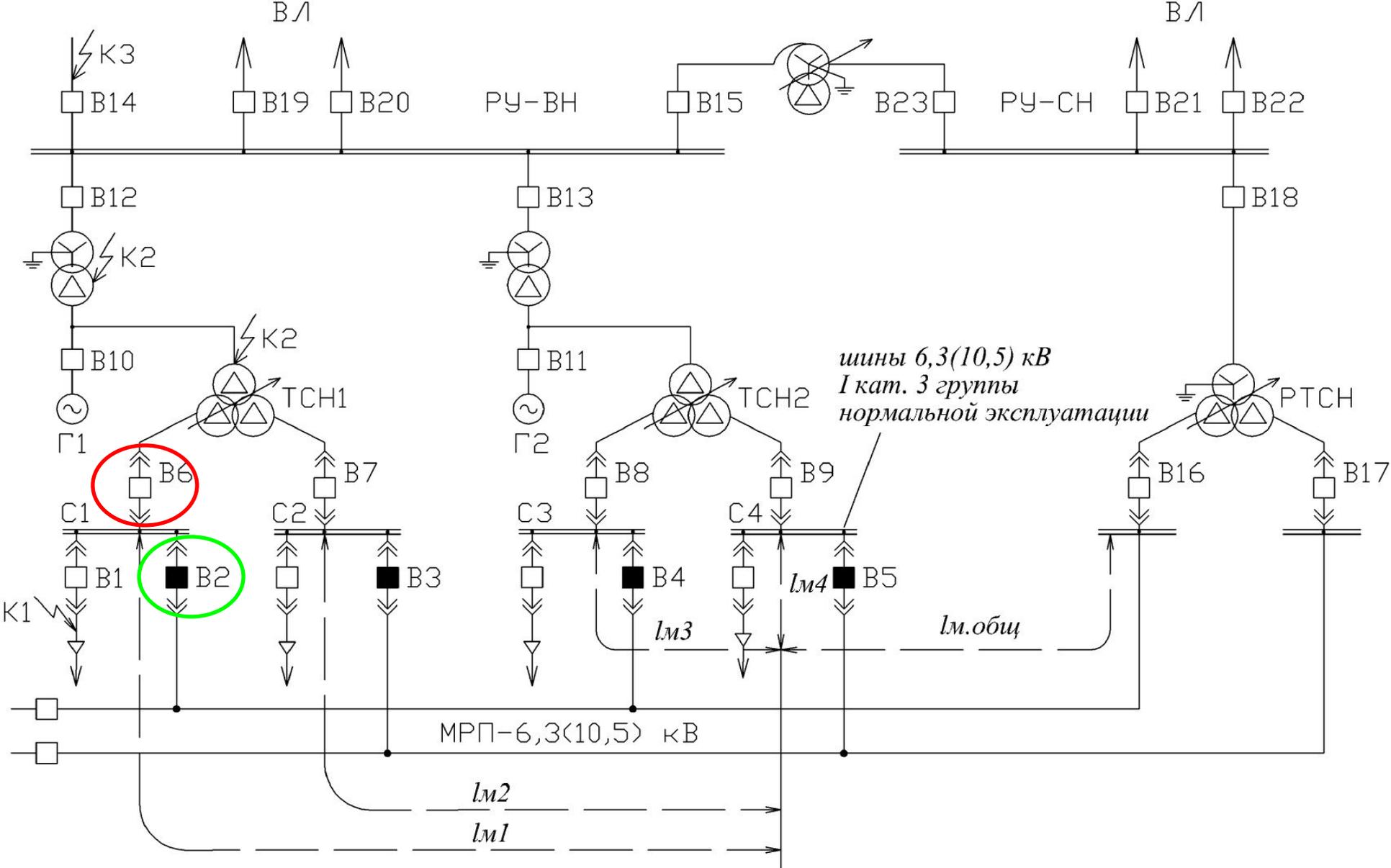
е) КЗ в цепи ТСН или в трансформаторе блока (точка К2).

$$\begin{aligned}
 t_{п.п} &= t_{з.осн} + t_{откл.} + t_{вкл.в} = \\
 &= 0,1 + (0,025 \div 0,12) + (0,065 \div 0,35) = 0,19 \div 0,57 \text{ с.}
 \end{aligned}$$



ж) К3 (точка К2) + отказ основных защит ТСН.

$$\begin{aligned}
 t_{п.п} &= t_{з.рез.} + t_{откл.в} + t_{вкл.в} = \\
 &= (0,7 \div 0,8) + (0,025 \div 0,12) + (0,065 \div 0,35) = 0,79 \div 1,27 \text{ с}
 \end{aligned}$$



з) Ошибочное или самопроизвольное отключение выключателя рабочего ввода (B6).

$$t_{п.п} \approx t_{вкл.в} = 0,065 \div 0,35 \text{ с.}$$

Вывод

Время перерыва питания:

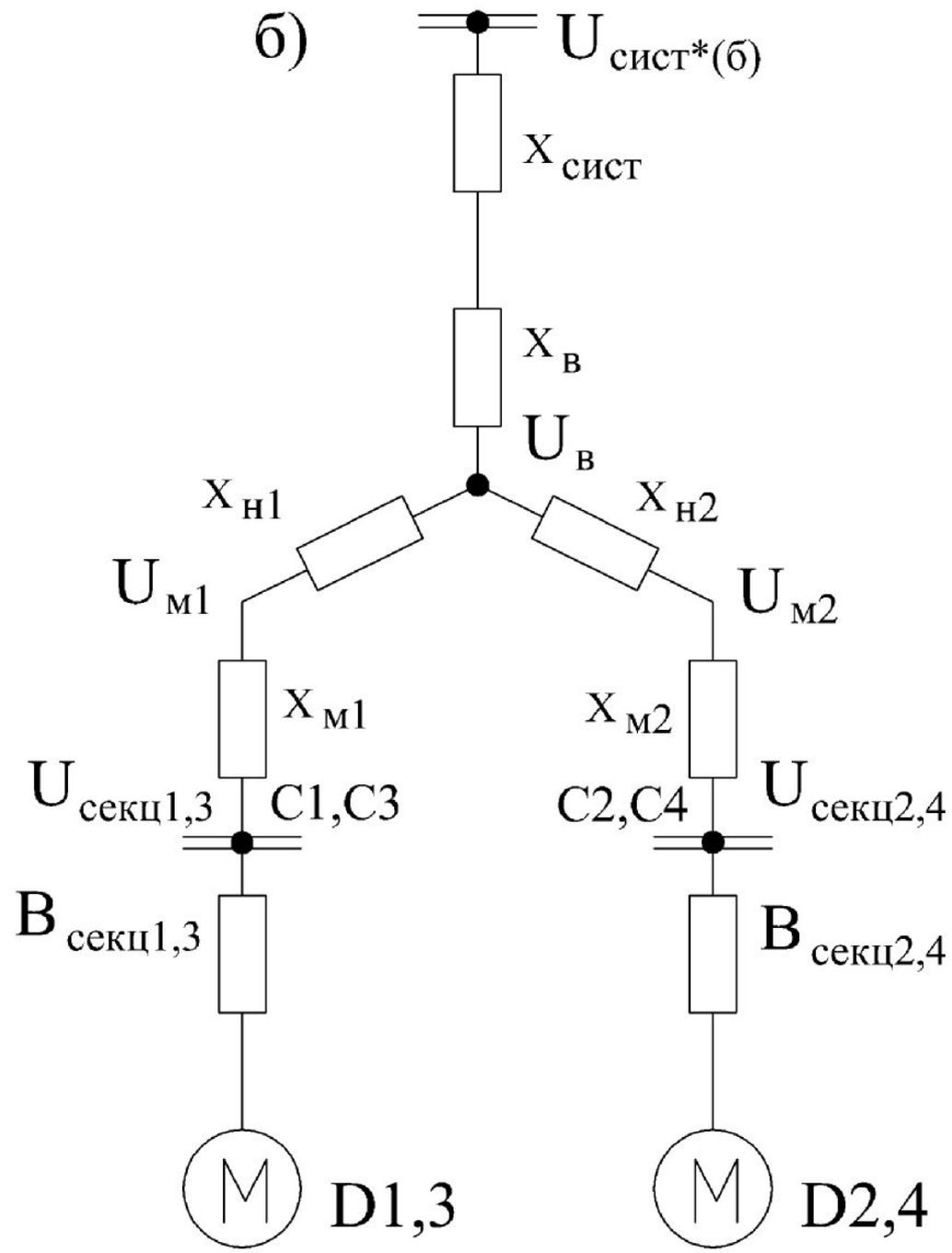
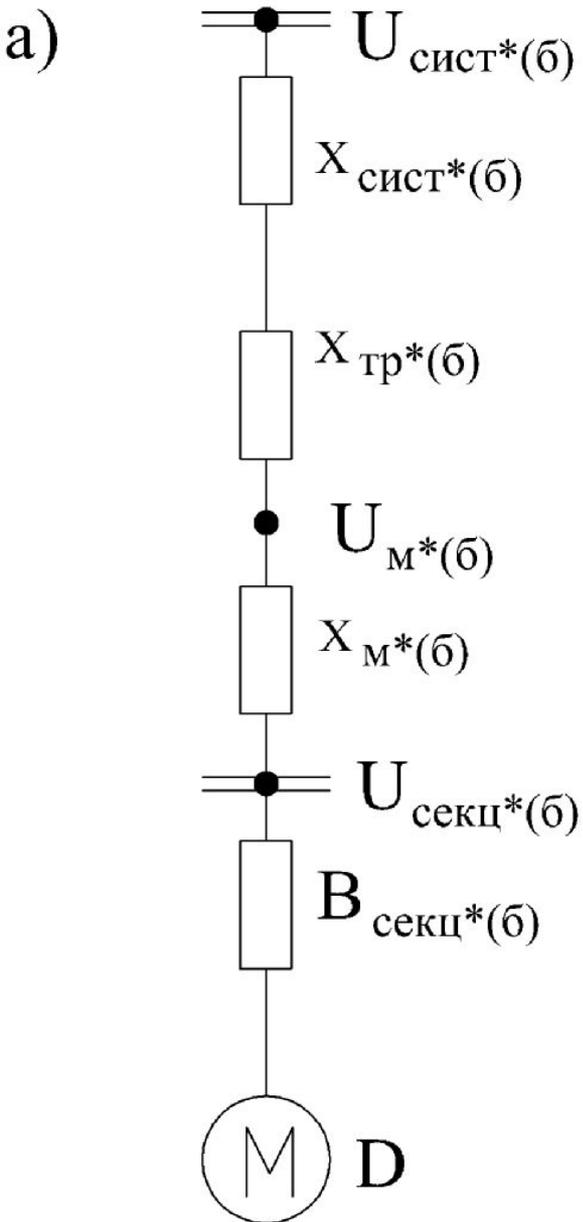
$$t_{\text{пп}} = 0,065 \dots 1,27 \text{ с}$$

Оценка успешности самозапуска

Критерий:

Начальное напряжение
при восстановлении питания
должно быть не ниже 60%
от номинального напряжения двигателей

$$U_{\text{нач}}^* \geq 0,6$$



Преимущества и недостатки упрощенного метода оценки самозапуска

Преимущества:

- простота;
- видно, на какие факторы можно влиять для улучшения самозапуска.

Недостатки:

- нет информации по времени самозапуска;
- при $U \approx 0,6$ невозможно сделать однозначный вывод об успешности (неуспешности) самозапуска.

От чего зависит напряжение на ТСН (РТСН)?

$$U_{сист}^{*(б)} = \frac{U_{сист} \cdot U_{НН}}{U_{отв} \cdot U_{б.осн}}$$

$$U_{сист} = U_{сист.ср} - \Delta U$$

$$U_{отв} = U_{осн.вывода} (1 \pm K_{ступ} \Delta U_{РПН})$$

- $U_{НН} = 6,3$ кВ – номинальное напряжение обмотки НН ТСН (РТСН);
- $U_{б.осн} = 6,3$ кВ – базисное напряжение на основной ступени трансформации.

Пример расчёта самозапуска (блок 800 МВт ТЭС)

Оценить успешность самозапуска двигателей СН энергоблока 800 МВт при перерыве питания 1 с.

Расчёт произвести для следующих сценариев самозапуска:

- а) Перерыв питания претерпевают секции С1, С2.
При действии АВР питание восстанавливается от РТСН, работавшего на холостом ходу.
- б) Перерыв питания претерпевают секции С1, С2.
При действии АВР питание восстанавливается от РТСН, загруженного предварительной нагрузкой секций С3, С4 соседнего энергоблока.

Исходные данные

Система:

$$I_{\text{п0}} = 30 \text{ кА}$$

РТСН:

ТРДНС-63000/220

$$u_{\text{кв-н}} = 11,5\%, u_{\text{кн-н}} = 14\%$$

МРП:

$$X_{\text{уд}} = 0,24 \text{ Ом/км}$$

$$l_{\text{М}} = 100 \text{ м до секций С1, С2}$$

$$l_{\text{М}} = 150 \text{ м до секций С3, С4}$$

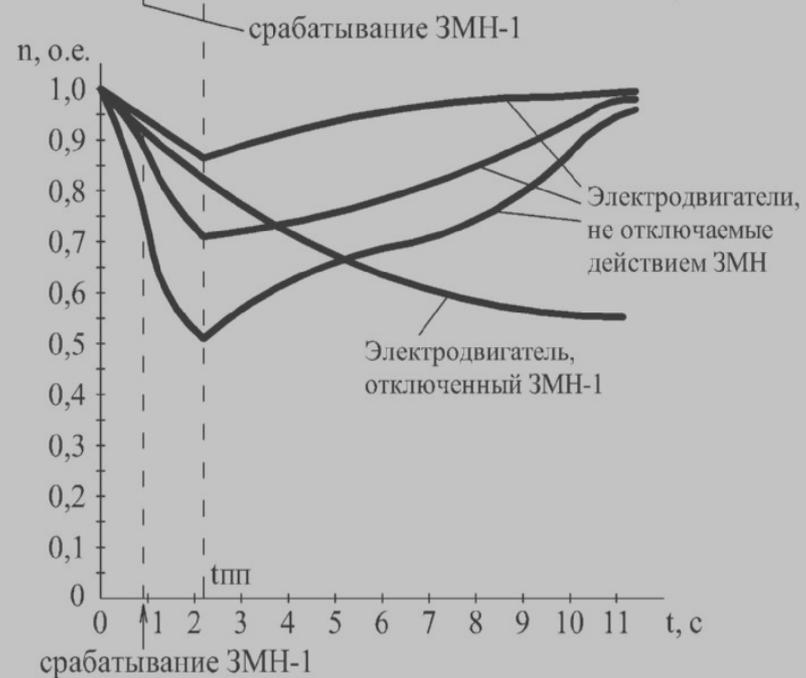
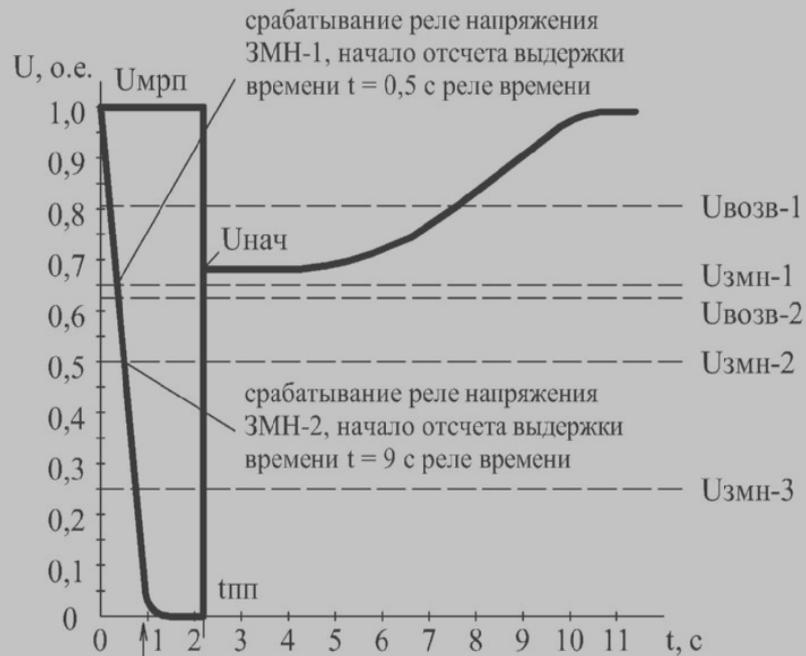
Перерыв питания:

$$t_{\text{пп}} = 1 \text{ с}$$

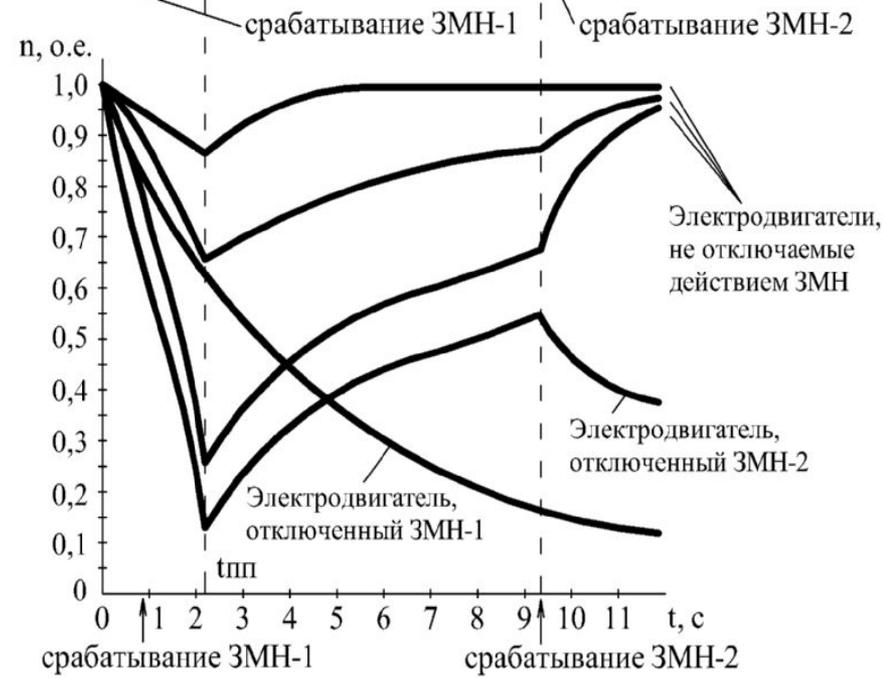
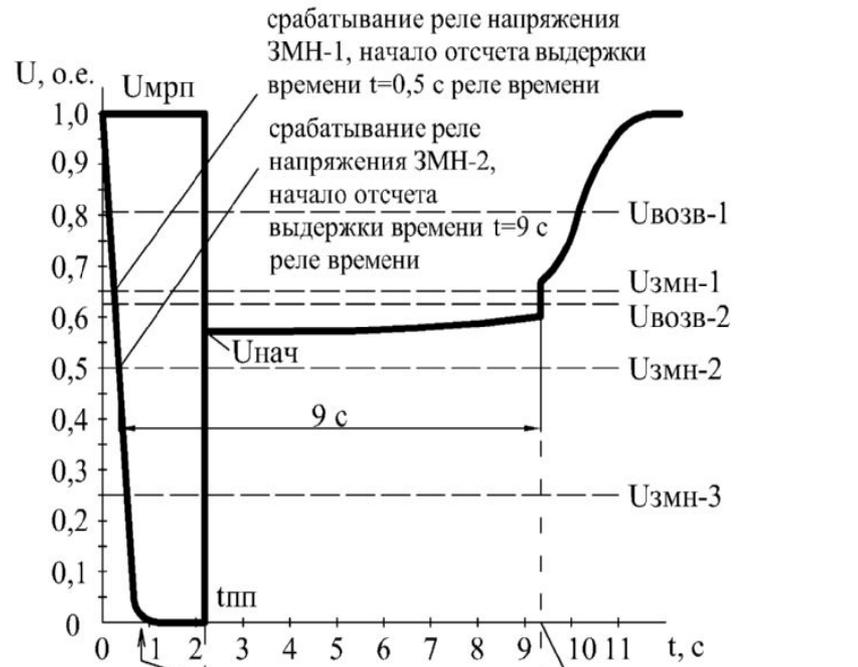
Двигатели СН:

Обозначение		КН1	...
$P_{дв.н}$, кВт		630	...
η_n , %		94,9	...
$\cos\phi_n$		0,88	...
$\sin\phi_n$		0,47	...
$K_{згр}$		0,82	...
K_i		4,9	...
Число по секциям	C1	-	...
	C2	1	...
	C3	1	...
	C4	-	...
Ступень ЗМН		2	...
$\frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos\varphi_{нк}}$, МВт		3,696	...
$\frac{P_{дв.нк} \cdot k_{згрк} \cdot \sin\varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos\varphi_{нк}}$, МВт		0,294	...

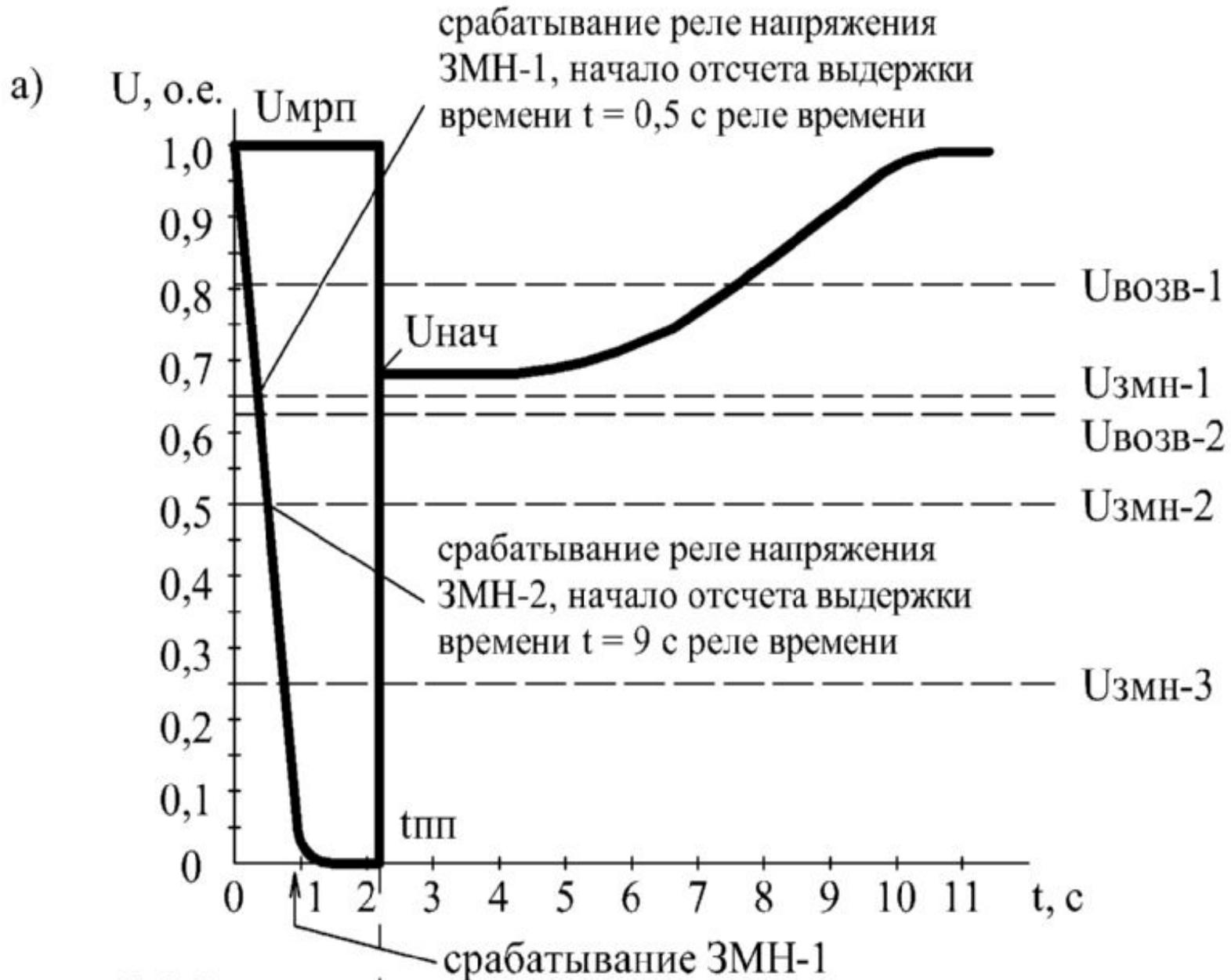
а)



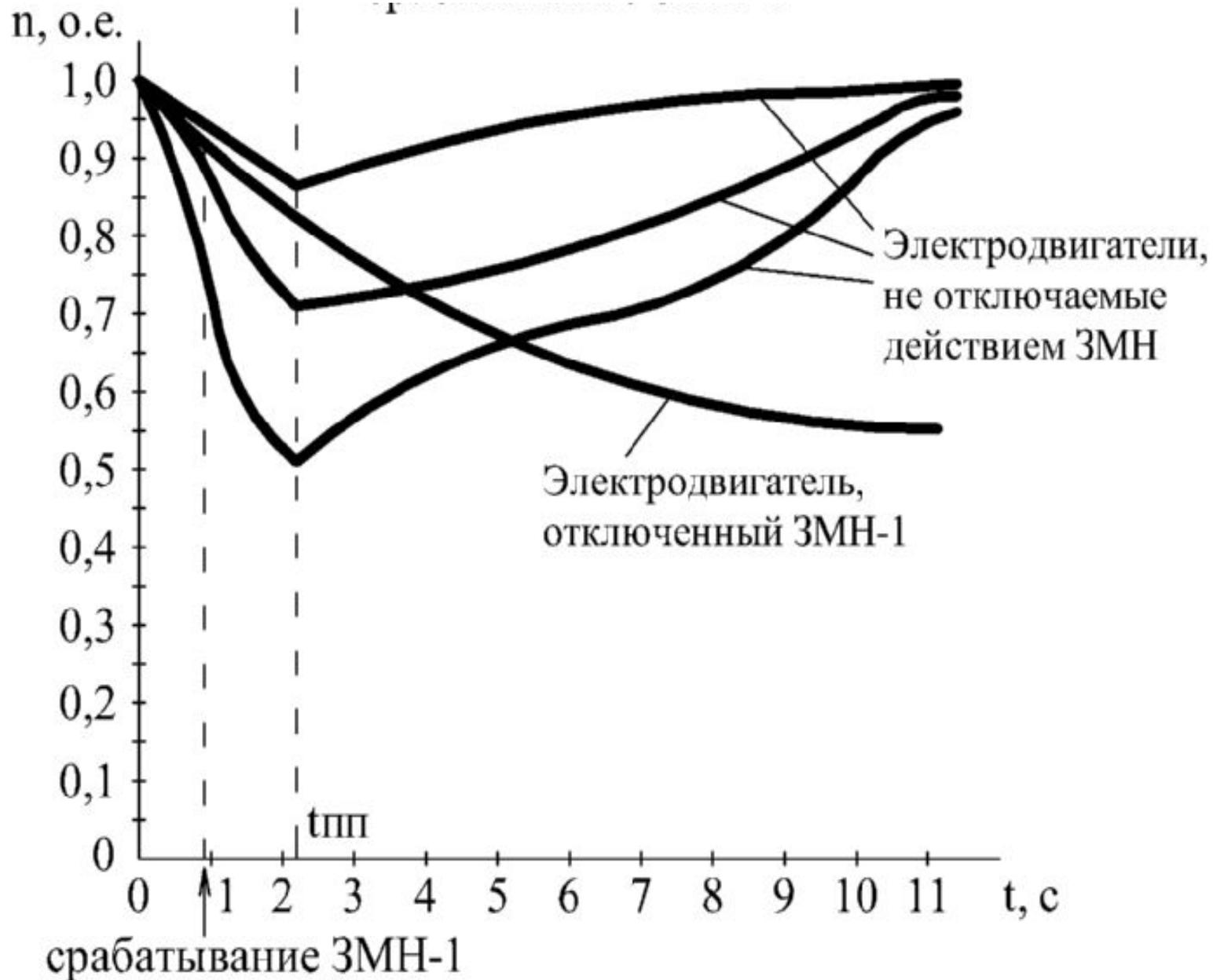
б)



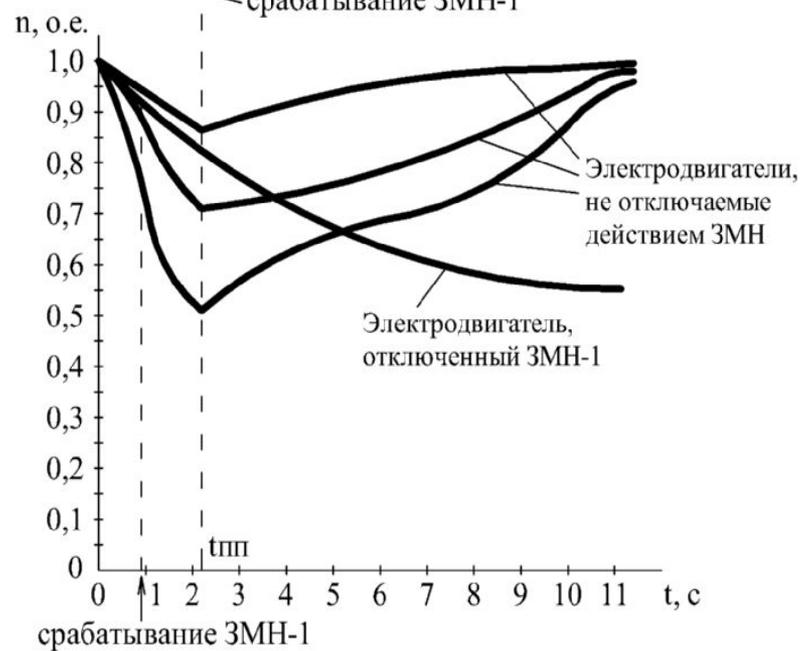
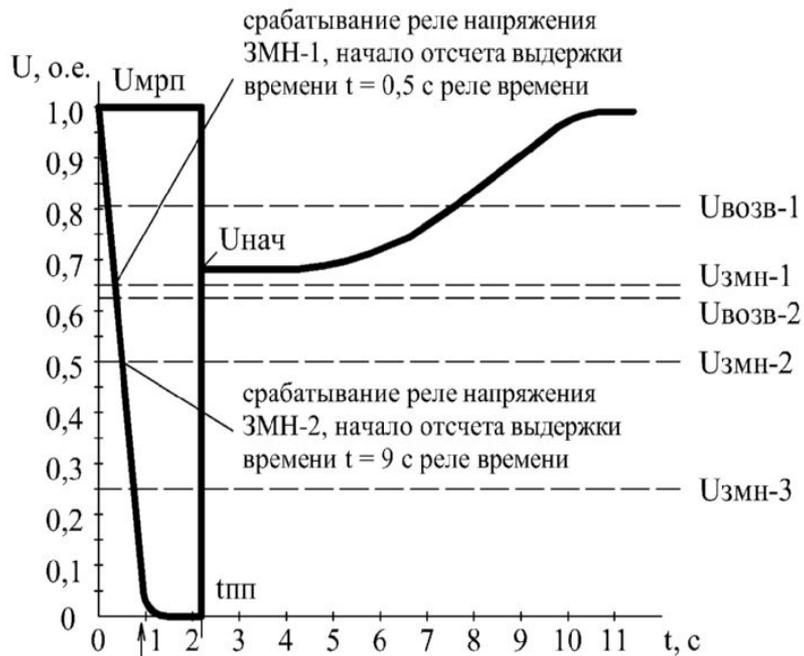
ЗМН-2 не срабатывает



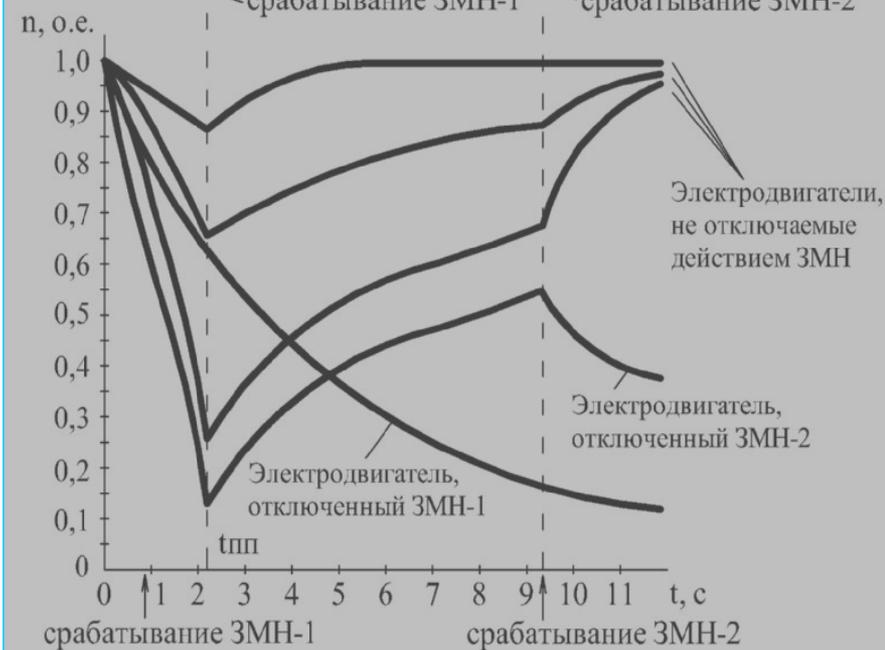
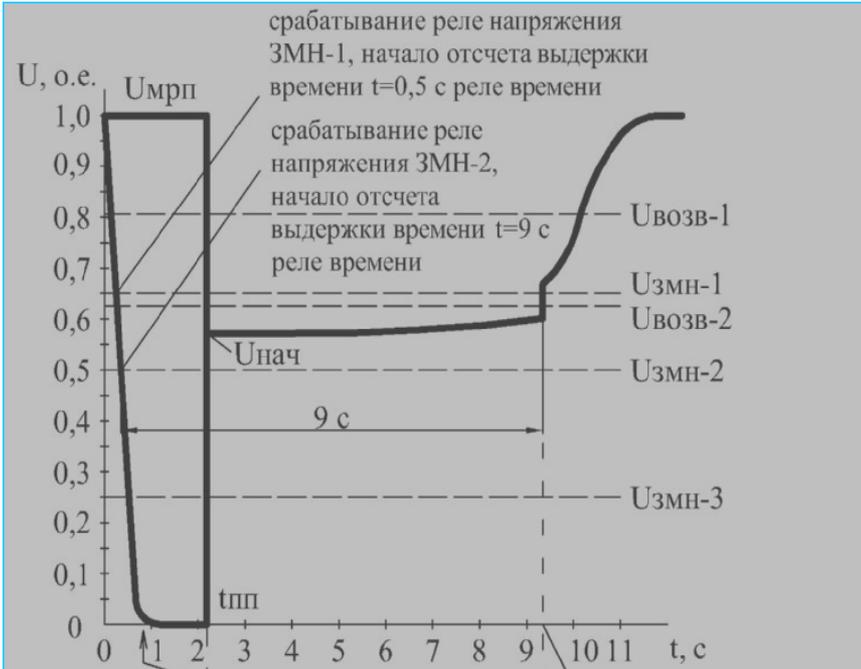
ЗМН-2 не срабатывает



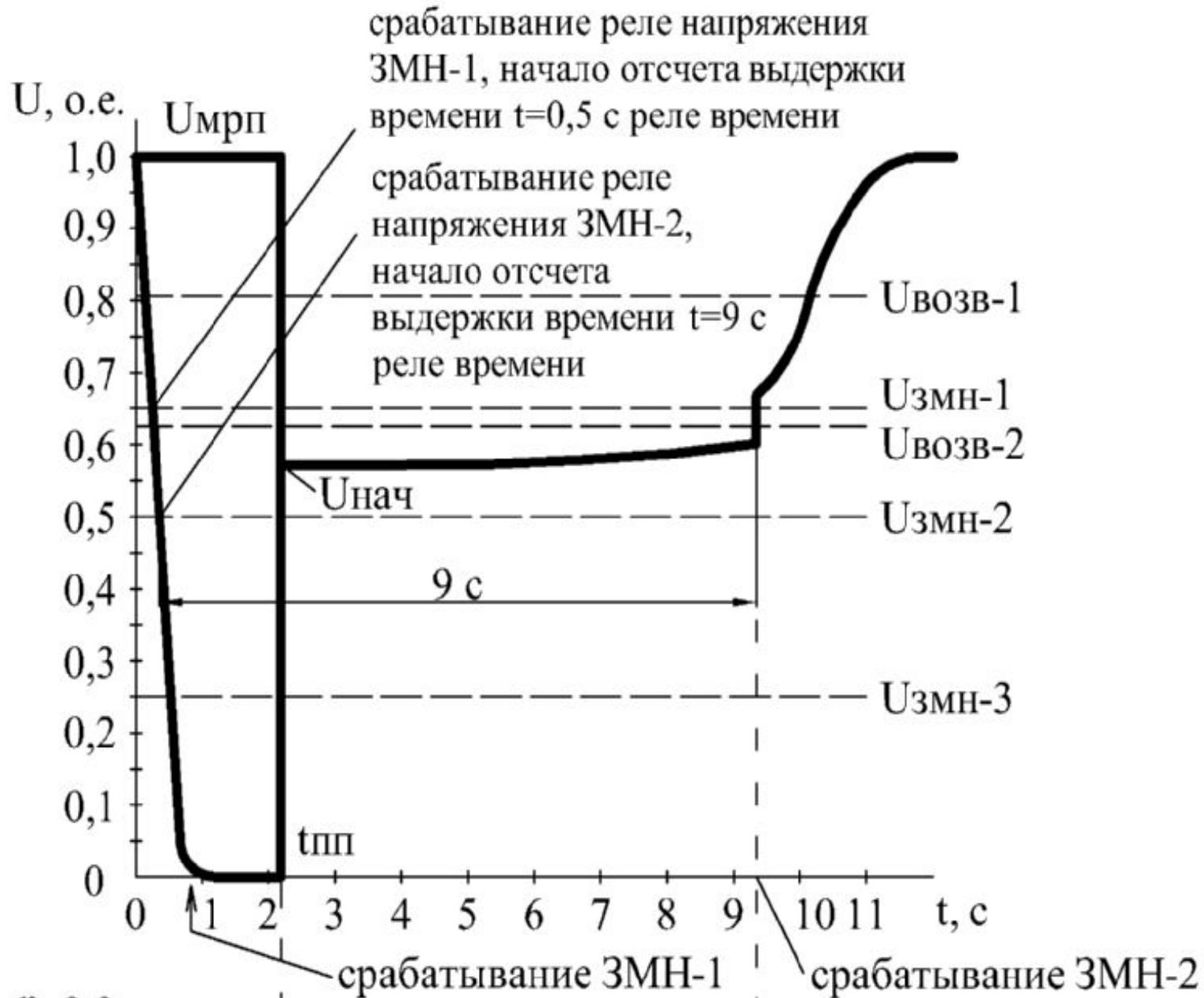
а)



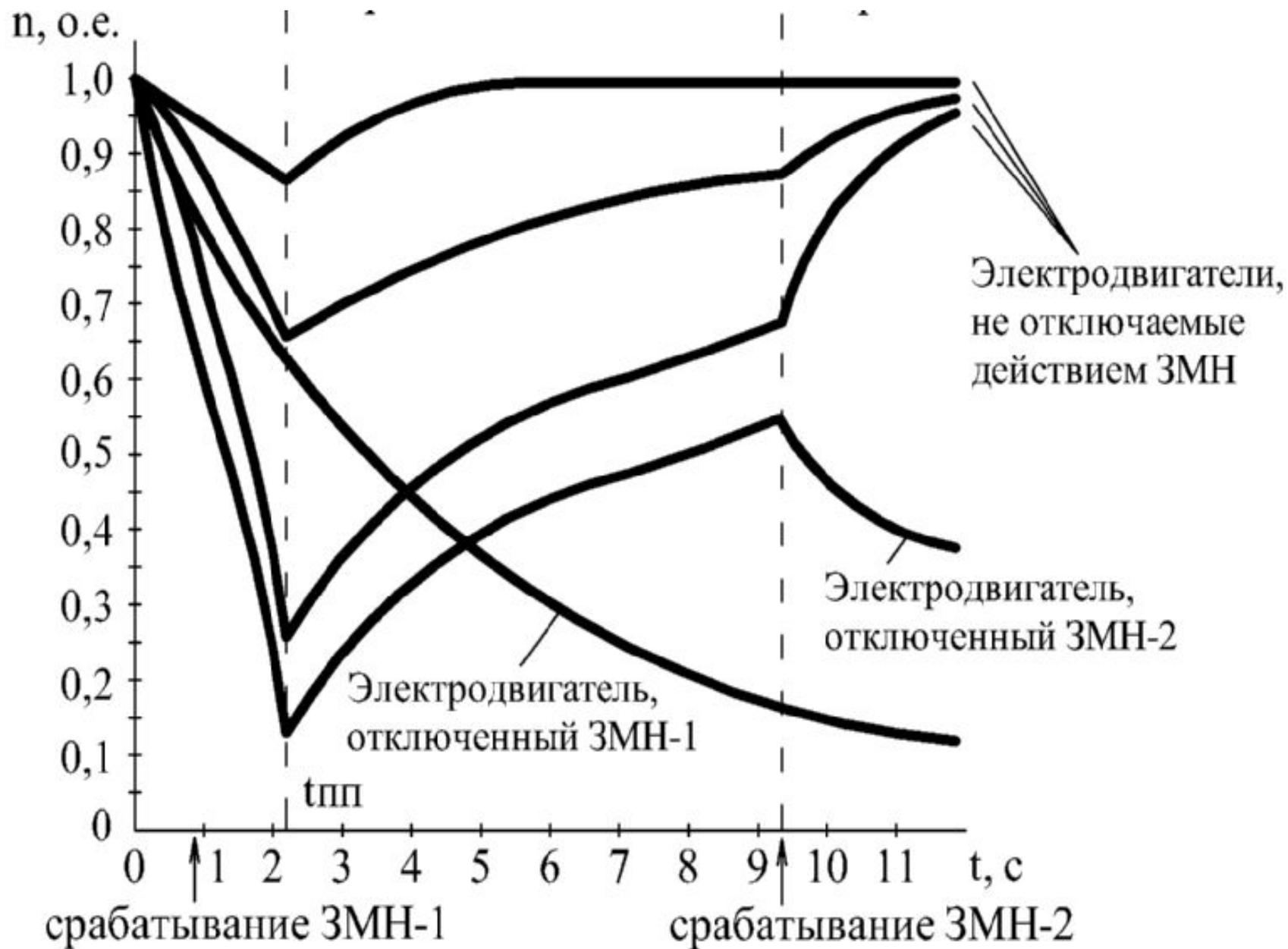
б)



ЗМН-2 срабатывает



ЗМН-2 срабатывает



Проводимость группы двигателей

1. Без предварительной загрузки РТСН

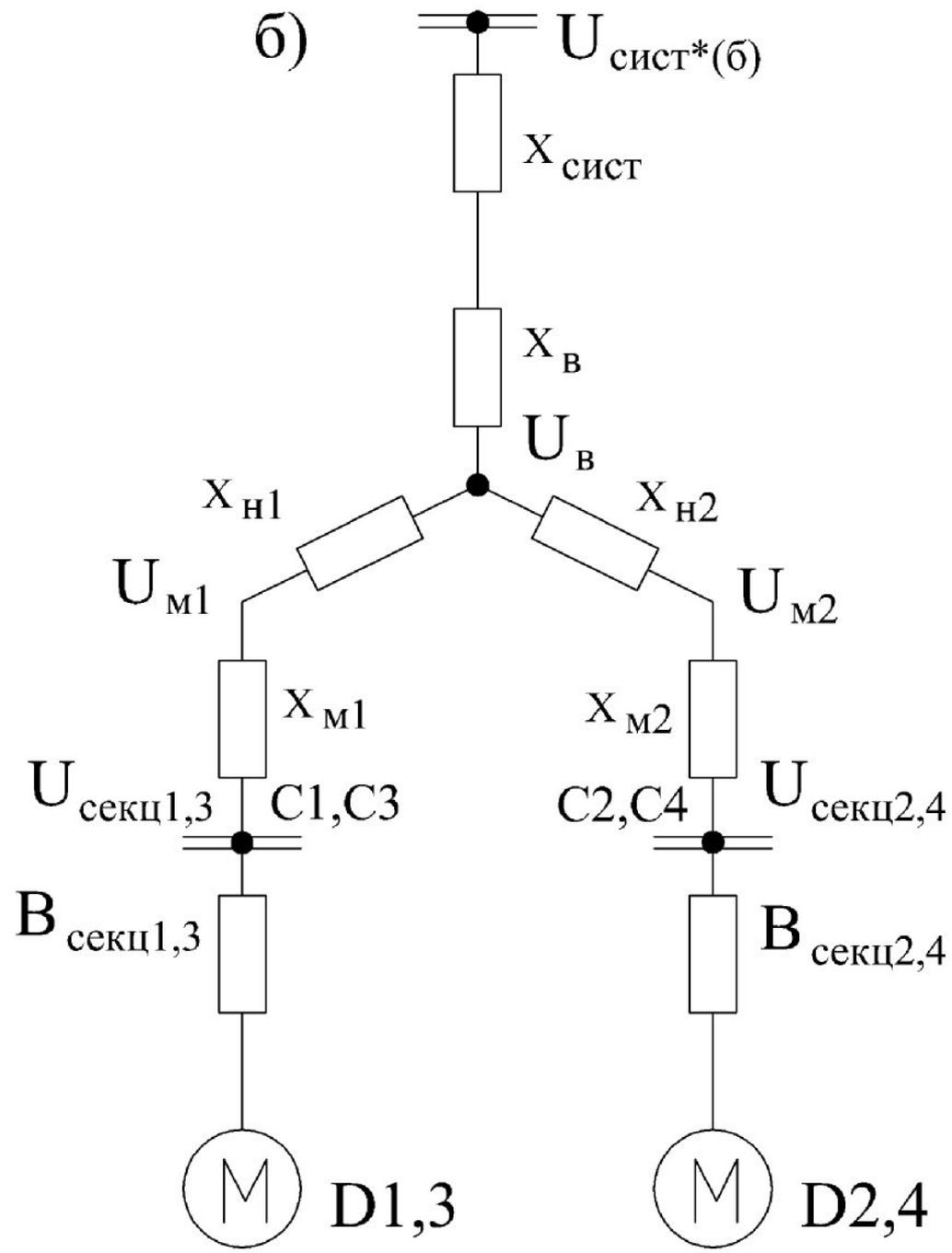
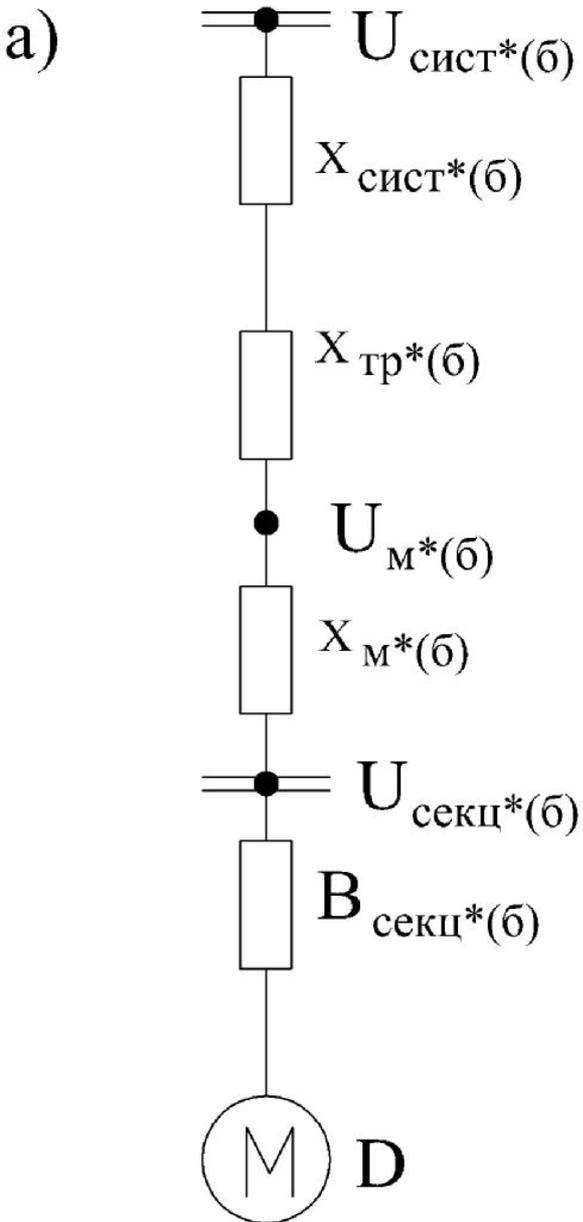
$$B_{c^*(\delta)} = \frac{k_{ум}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}$$

2. С предварительной загрузкой РТСН

$$B_{c^*(\delta)} = \frac{k_{ув}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{згрк} \cdot \sin \varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}$$

Эквивалентлируем двигательную нагрузку по секциям

Секция	$\sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}, \text{ МВт}$		$\sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ззрк} \cdot \sin \varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}, \text{ МВт}$	
	С учетом ЗМН	Без учета ЗМН	С учетом ЗМН	Без учета ЗМН
С1	196,9	280,5	–	–
С2	152,3	238,2	–	–
С3	–	–	12,36	17,64
С4	–	–	14,95	20,03



Проводимость группы двигателей

1. Без предварительной загрузки РТСН

$$B_{c^{*}(\delta)} = \frac{k_{ум}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}$$

2. С предварительной загрузкой РТСН

$$B_{c^{*}(\delta)} = \frac{k_{ув}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{згрк} \cdot \sin \varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}$$

Коэффициенты в формулах

Коэффициент уменьшения
тока нагрузки при самозапуске
по отношению к пусковому току
полностью заторможенных двигателей

$k_{ув}$

t_{nn}, c	0,65	1,0	1,5	2,0	2,5
ТЭС	0,59	0,7	0,77	0,8	0,81
РБМК-1000	0,73	0,79	0,81	0,82	0,83
ВВЭР-1000	0,64	0,72	0,76	0,77	0,78

Коэффициент увеличения
реактивной проводимости двигателей СН
секций предварительной загрузки **$k_{ув}$**

$U_{секц}*(H)$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$k_{ув}$	4,5	2,1	1,5	1,1	1,0

Проводимость группы двигателей

1. Без предварительной загрузки РТСН

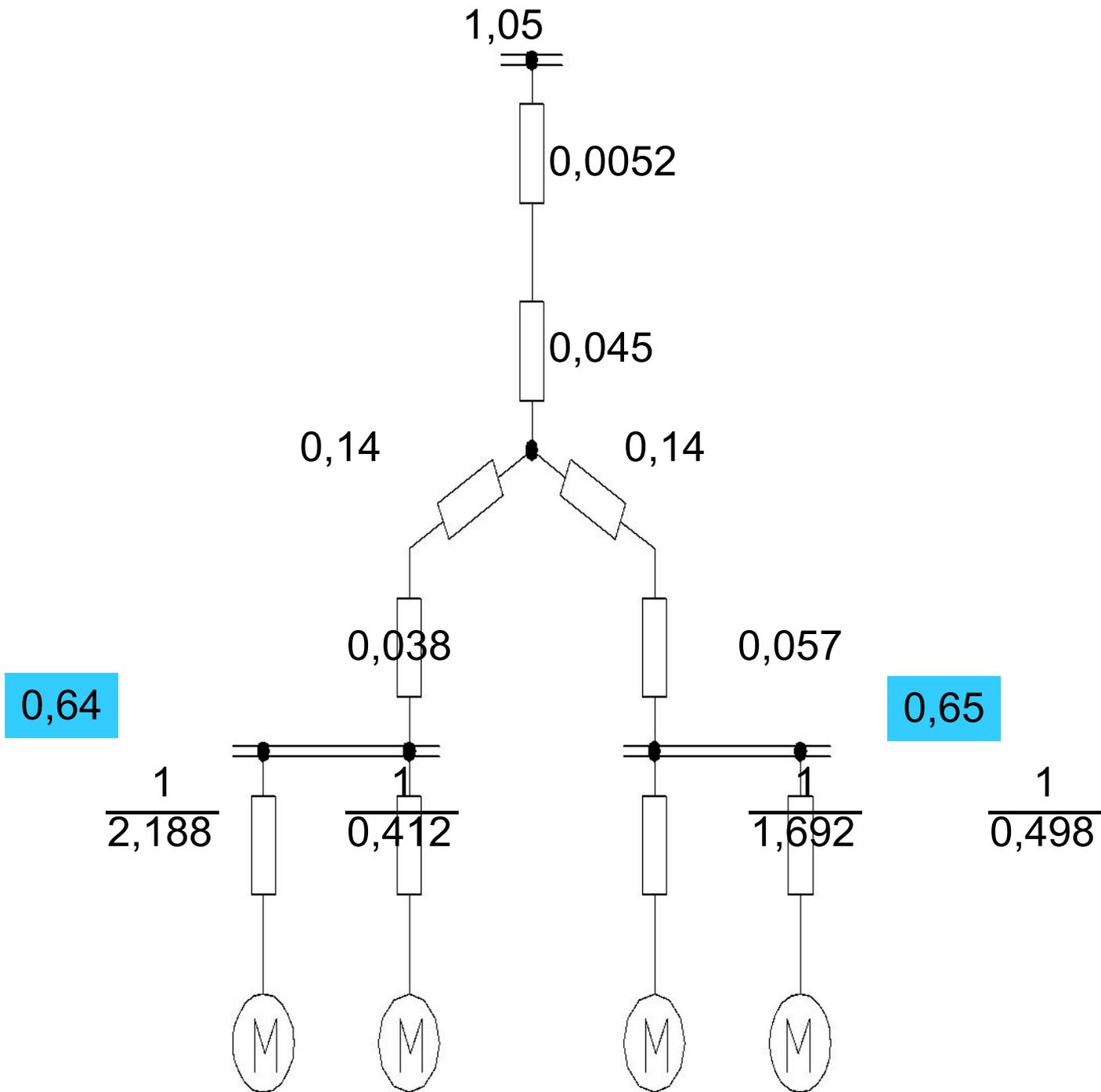
$$B_{C1} = \frac{k_{ум}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}} = \frac{0,7}{63} \cdot 196,9 = 2,188 \text{ о.е.}$$

$$B_{C2} = \frac{k_{ум}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}} = \frac{0,7}{63} \cdot 152,3 = 1,692 \text{ о.е.}$$

2. С предварительной загрузкой РТСН

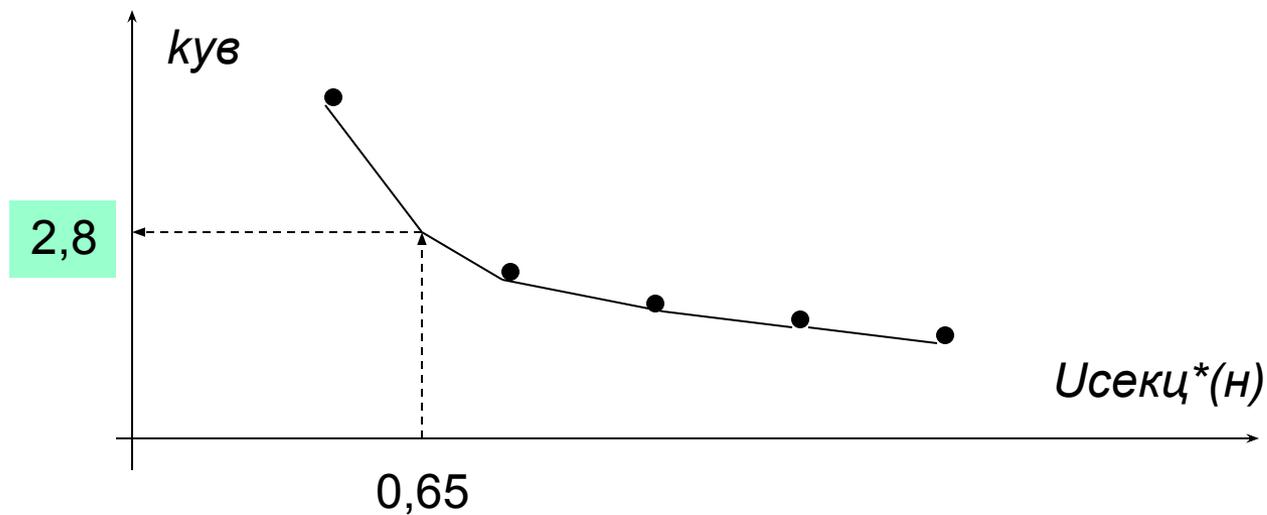
$$B_{C3} = \frac{k_{ув}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{згрк} \cdot \sin \varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}} = \frac{2,1}{63} \cdot 12,36 = 0,412 \text{ о.е.}$$

$$B_{C4} = \frac{k_{ув}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{згрк} \cdot \sin \varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}} = \frac{2,1}{63} \cdot 14,95 = 0,498 \text{ о.е.}$$



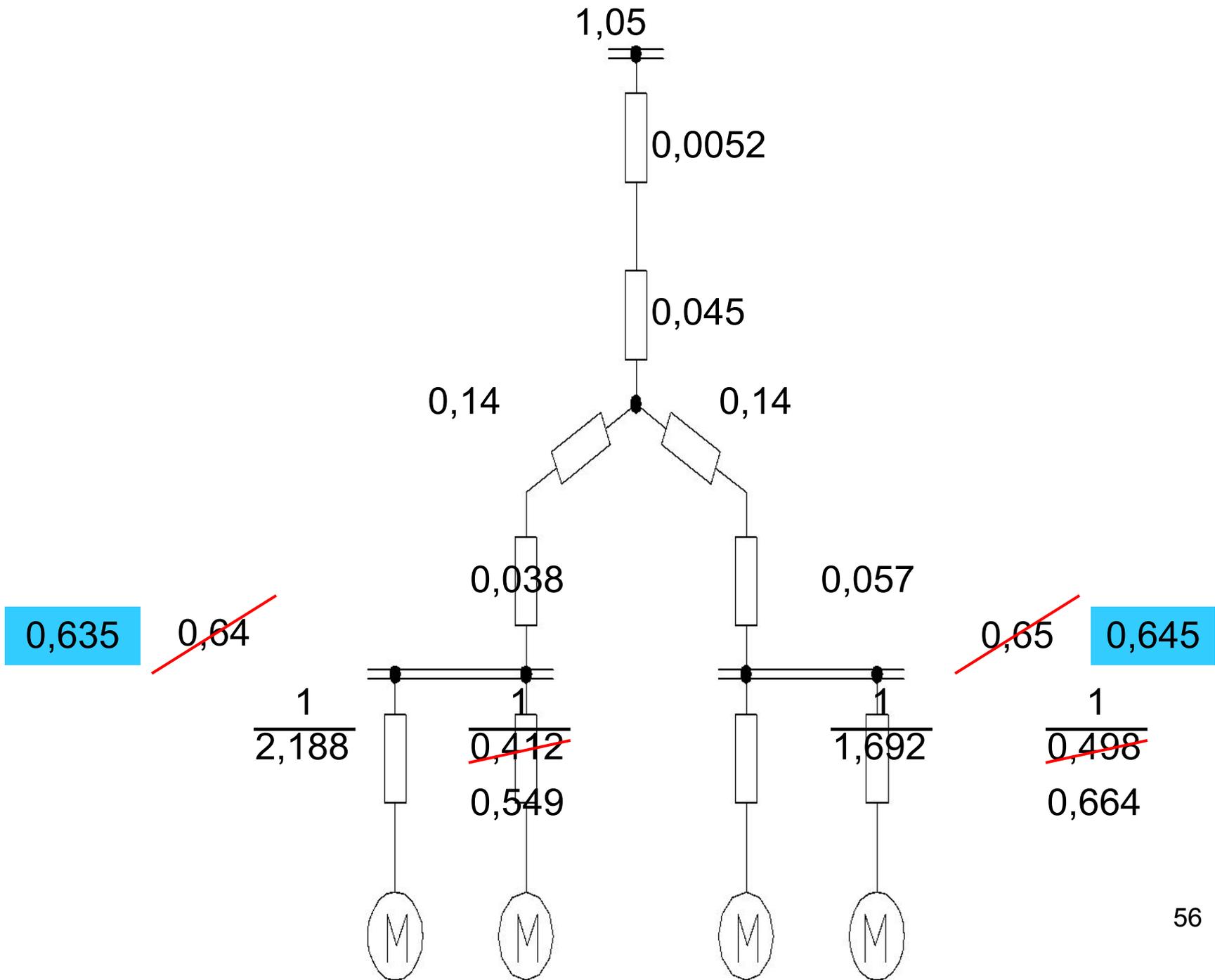
Коррекция $k_{ув}$ по $U = 0,65$

$U_{секц}^*(H)$	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0
$k_{ув}$	4,5	?	2,1	1,5	1,1	1,0



Пересчёт проводимостей секций предварительной нагрузки

$$B_{C3} = \frac{2,8}{63} \cdot 12,36 = 0,549 \text{ о.е.}; \quad B_{C4} = \frac{2,8}{63} \cdot 14,95 = 0,664 \text{ о.е.}$$



Вывод

$$0,635 > 0,6$$

$$0,645 > 0,6$$

Самозапуск успешный

Способы улучшения условий самопуска электродвигателей собственных нужд

- 1) повышение напряжения на секциях СН за счет рационального выбора ответвления РПН;
- 2) сокращение длительности перерыва питания;
- 3) увеличение мощности ТСН (РТСН);
- 4) уменьшение сопротивления МРП за счет Худ;
- 5) уменьшение сопротивления МРП за счет увеличения числа РТСН;
- 6) рациональный выбор уставок ЗМН;
- 7) применение генераторных выключателей – приводит к исключению предварительной нагрузки РТСН при пусках и остановках блоков;
- 8) исключение наиболее мощных электродвигателей из состава механизмов СН за счет применения турбопривода.

30. Расчет самозапуска электродвигателей собственных нужд методом Эйлера

Последовательность расчета переходных процессов методом интервалов.

1. Исходные данные.
2. Расчет выбега (индивидуального или группового).
3. Расчет процесса ускорения роторов после восстановления питания.

Метод интервалов (Эйлера)

$$\Delta S_{ki} = \frac{M_{ски^*(\delta)} - M_{еки^*(\delta)}}{T_{Jk^*(\delta)}} \Delta t_i$$

$$S_{ki+1} = S_{ki} + \Delta S_{ki}$$

$$t_{i+1} = t_i + \Delta t_i$$

k – номер агрегата СН

i – номер интервала расчета

1. Исходные данные

- по системе ($U_{\text{сист}}$, x_c или $I_{\text{пс}}$, или $I_{\text{откл.н}}$, $S_{\text{кз}}$),
- по РТСН или ТСН ($S_{\text{тн}}$, u_k или $u_{\text{кв-н}}$, $u_{\text{кн1-н2}}$, $P_{\text{к.ном}}$, $U_{\text{отв}}$, $U_{\text{нн}}$, ступени регулирования РПН),
- по МРП ($I_{\text{м1}}$, $I_{\text{м2}}$, $I_{\text{м3}}$, $I_{\text{м4}}$, $I_{\text{м01}}$, $I_{\text{м02}}$, $x_{\text{уд}}$),
- по АЭД и механизмам СН ($P_{\text{дв}}$, $\eta_{\text{н}}$, $\cos\varphi_{\text{н}}$, $s_{\text{н}}$, $K_{\text{п}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{і}}$, $T_{\text{ј}}$, $K_{\text{згр}}$, $M_{\text{т}}$, $M_{\text{м}}$, $M_{\text{кл}}$, $n_{\text{м}}$, $n_{\text{кл}}$),
- по числу АД на секциях ($n_1 - n_4$),
- по длительности перерыва питания ($t_{\text{пп}}$) и группового выбега ($t_{\text{зр}}$).

2. Расчет выбега

Определяются скольжения $s_{пп}$ каждого из n двигателей к моменту восстановления питания (см. п. 26).

Формируется блок исходных данных по скольжениям (s_1, s_2, \dots, s_n) для использования уравнения движения после восстановления питания.

Эти скольжения используются как начальные на следующем этапе интегрирования.

3. Расчет ускорения роторов АЭД

Рассчитывают процесс движения ротора после восстановления питания с использованием уравнения движения и Δs_{ki} .

Для каждого из самозапускающегося АЭД определяют значения $M_{e^{*(H)}}$, $K_{имек^{*(H)}}$ и далее – проводимости двигателей.

Это дает возможность определить напряжение секций, а затем и $M_{ек^{*(б)}}$ – с коррекцией по напряжению.

Далее находят $M_{ек^{*(б)}}$ и, задавшись Δt_j , определяют Δs_{ki} и $s_{k i+1}$.

Завершение расчета самозапуска и его результаты

При достижении в процессе разгона каким-либо из двигателей критического скольжения ($s_{кр}$) его скольжение можно принять номинальным.

В дальнейшем для такого двигателя Δs можно считать равным нулю.

Знак Δs_k на первом интервале после восстановления питания, позволяет судить об успешности самозапуска. При условии, что напряжение секции $> 0,6$, можно сказать следующее:

- 1) если для всех АД Δs_k отрицательно, самозапуск успешен;
- 2) если для всех АД Δs_k положительно, самозапуск заведомо неуспешен;
- 3) если для части АД Δs_k отрицательно, а для части положительно – самозапуск каскадный.

31. Упрощенная оценка успешности самозапуска. Факторы, влияющие на величину начального напряжения при самозапуске и методика их учета

Для упрощенной оценки успешности самозапуска используют следующий критерий:

Начальное напряжение при восстановлении питания должно быть не ниже 60% от номинального напряжения двигателей

$$U_{\text{нач}}^* \geq 0,6$$

Преимущества и недостатки упрощенного метода оценки самозапуска

Преимущества:

- простота;
- видно, на какие факторы можно влиять для улучшения самозапуска.

Недостатки:

- нет информации по времени самозапуска;
- при $U \approx 0,6$ невозможно сделать однозначный вывод об успешности (неуспешности) самозапуска.

От чего зависит напряжение на ТСН (РТСН)?

$$U_{сист}^{*(б)} = \frac{U_{сист} \cdot U_{НН}}{U_{отв} \cdot U_{б.осн}}$$

$$U_{сист} = U_{сист.ср} - \Delta U$$

$$U_{отв} = U_{осн.вывода} (1 \pm K_{ступ} \Delta U_{РПН})$$

- $U_{НН} = 6,3$ кВ – номинальное напряжение обмотки НН ТСН (РТСН);
- $U_{б.осн} = 6,3$ кВ – базисное напряжение на основной ступени трансформации.

1. Рабочий ТСН

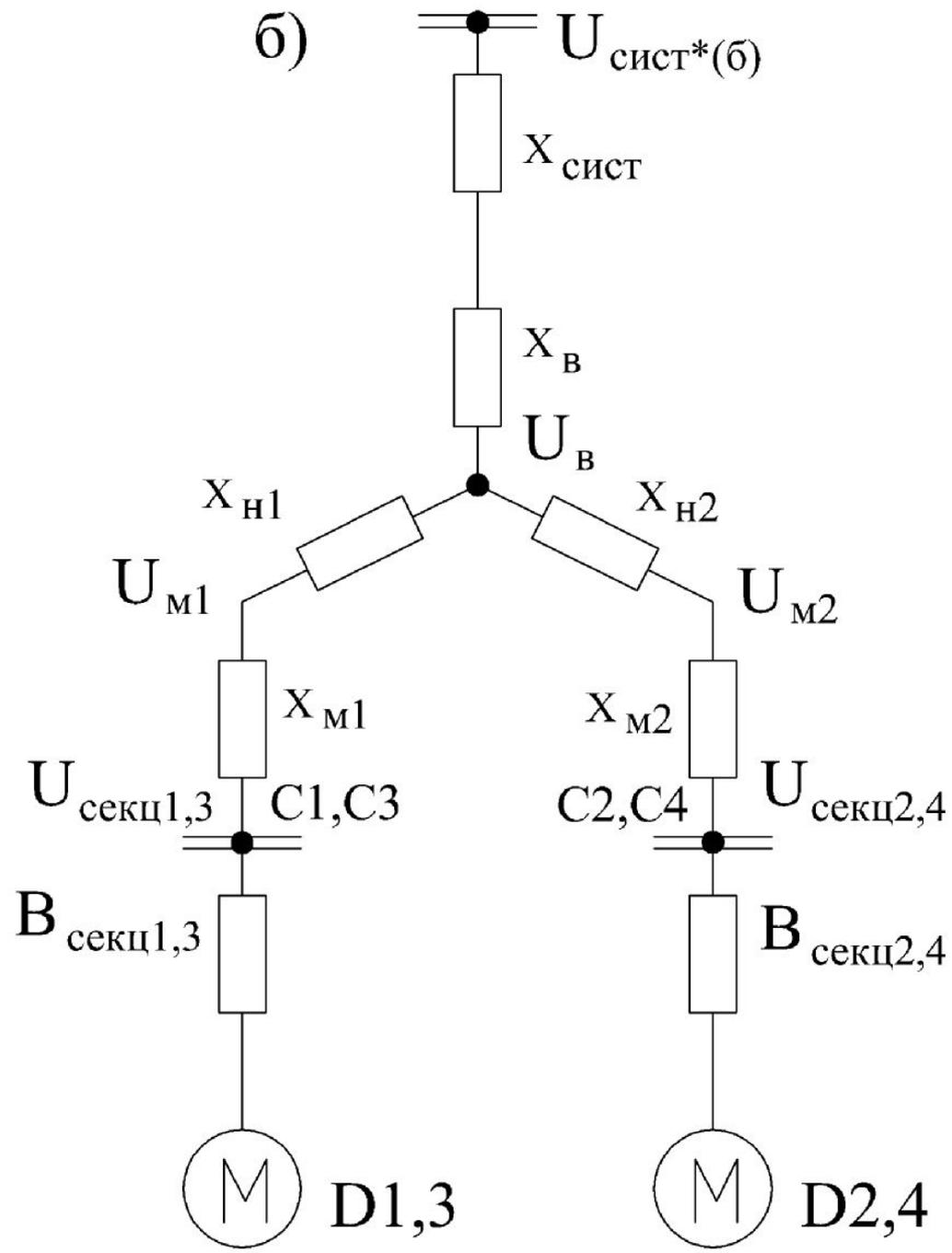
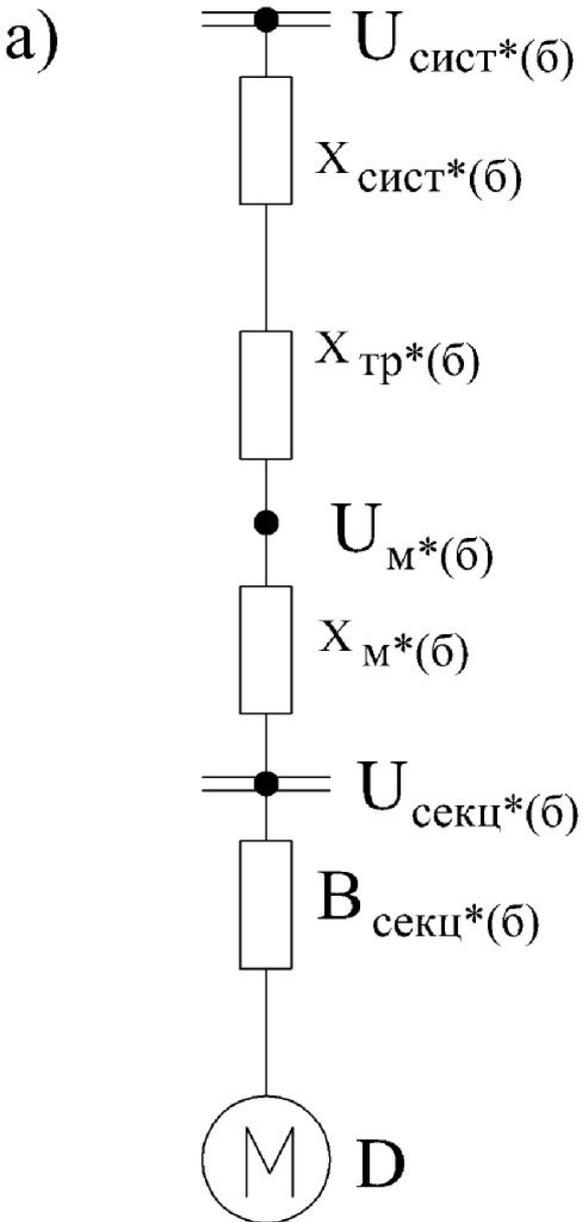
- $U_{\text{сист.ср}} = 10,5; 13,8; 15,75; 18; 20; 24 \text{ кВ}$
- $\Delta U \neq 0$, определяется по нагрузке в момент самозапуска
- отпайка РПН подбирается такой, чтобы $U_{\text{сист}}^*(б) \approx 1,0$

2. Резервный ТСН

- $U_{\text{сист.ср}} = 115; 230; 340 \text{ кВ}$
- $\Delta U = 0$
- отпайка РПН подбирается такой, чтобы $U_{\text{сист}}^*(б) = 1 \dots 1,05$

Двигатели СН:

Обозначение		КН1	...
$P_{дв.н}$, кВт		630	...
η_n , %		94,9	...
$\cos\phi_n$		0,88	...
$\sin\phi_n$		0,47	...
$K_{згр}$		0,82	...
K_i		4,9	...
Число по секциям	C1	-	...
	C2	1	...
	C3	1	...
	C4	-	...
Ступень ЗМН		2	...
$\frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos\varphi_{нк}}$, МВт		3,696	...
$\frac{P_{дв.нк} \cdot k_{згрк} \cdot \sin\varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos\varphi_{нк}}$, МВт		0,294	...



Проводимость группы двигателей

1. Без предварительной загрузки РТСН

$$B_{c^*(\delta)} = \frac{k_{ум}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{ик}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}$$

2. С предварительной загрузкой РТСН

$$B_{c^*(\delta)} = \frac{k_{ув}}{S_{\delta}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{дв.нк} \cdot k_{згрк} \cdot \sin \varphi_{нк}}{\eta_{нк} \cdot \cos \varphi_{нк}}$$

Коэффициенты в формулах

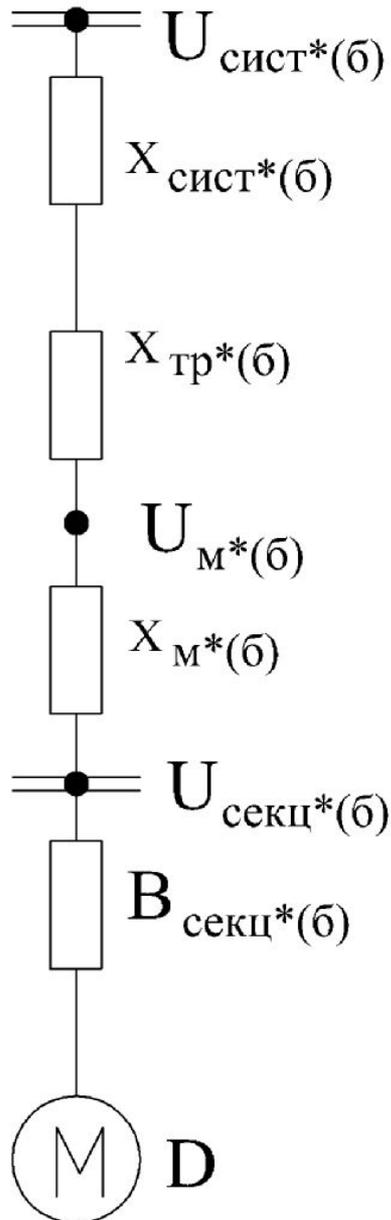
Коэффициент уменьшения
тока нагрузки при самозапуске
по отношению к пусковому току полностью
заторможенных двигателей $k_{ум}$

t_{nn}, c	0,65	1,0	1,5	2,0	2,5
ТЭС	0,59	0,7	0,77	0,8	0,81
РБМК-1000	0,73	0,79	0,81	0,82	0,83
ВВЭР-1000	0,64	0,72	0,76	0,77	0,78

Коэффициент увеличения
реактивной проводимости двигателей СН
секций предварительной загрузки $k_{ув}$

$U_{секц}*(H)$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$k_{ув}$	4,5	2,1	1,5	1,1	1,0

32. Расчет начального напряжения в случае нерасщепленного трансформатора



В схему замещения входят:

- система со стороны ТСН (РТСН)
- ТСН (РТСН);
- МРП (если самозапуск от РТСН);
- электродвигатели.**

Система, ТСН, РТСН имеют те же сопротивления, что и при расчете токов КЗ.

Длина МРП принимается максимально возможной. Методика расчета та же.

Сопротивления АЭД отличаются!

Начальное напряжение на секциях СН при самозапуске от РТСН определяется по формуле

$$U_{секц}^{*(б)} = \frac{U_{сист}^{*(б)}}{1 + (x_{сист}^{*(б)} + x_{т}^{*(б)} + x_{м}^{*(б)})B_{секц}^{*(б)}}$$

По мере приближения к шинам бесконечной мощности напряжение заметно возрастает.

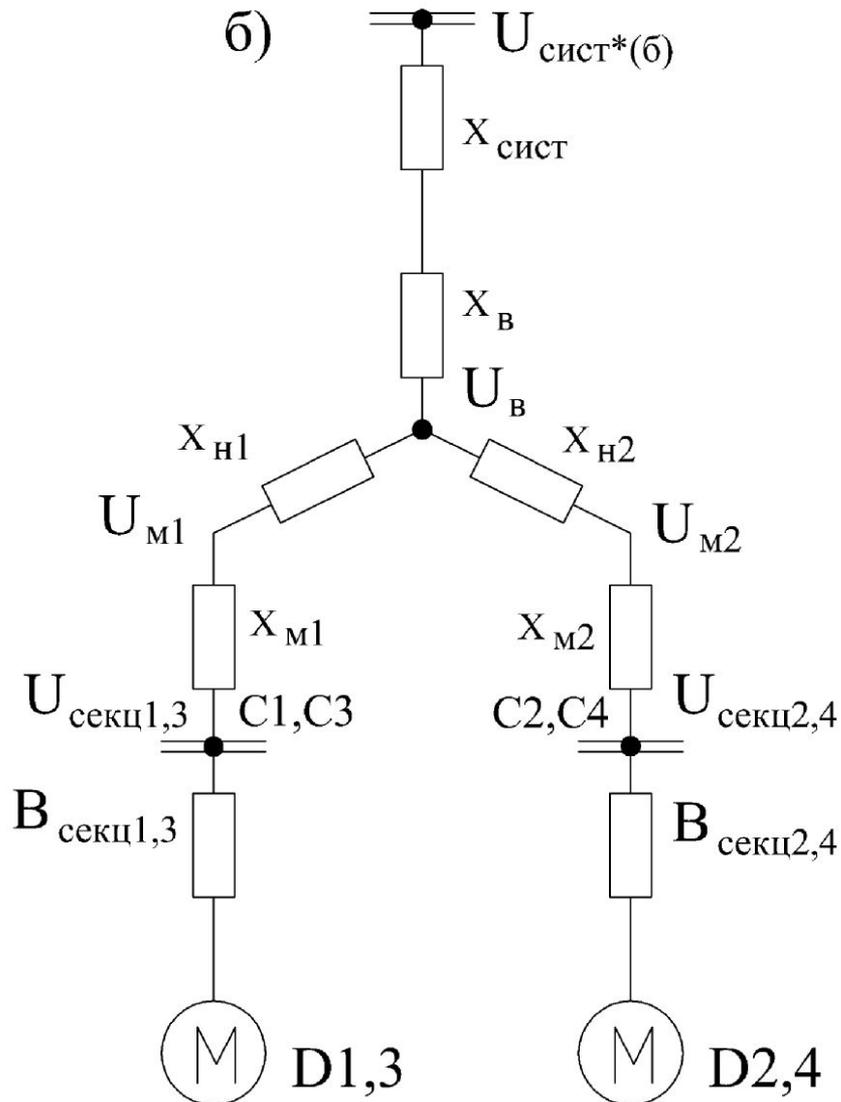
Это видно по значению напряжения на зажимах РТСН:

$$U_{м}^{*(б)} = \frac{U_{сист}^{*(б)}}{1 + \frac{(x_{сист}^{*(б)} + x_{т}^{*(б)})B_{секц}^{*(б)}}{1 + x_{м}^{*(б)}B_{секц}^{*(б)}}}$$

Так как в критерии $U_{нач} \geq 0,6$
начальное напряжение выражается в о.е. от
номинального напряжения двигателя 6 кВ,
а базисное напряжение = 6,3 кВ,
то при завершении расчета необходимо
полученное напряжение умножить на $6,3/6 =$
1,05:

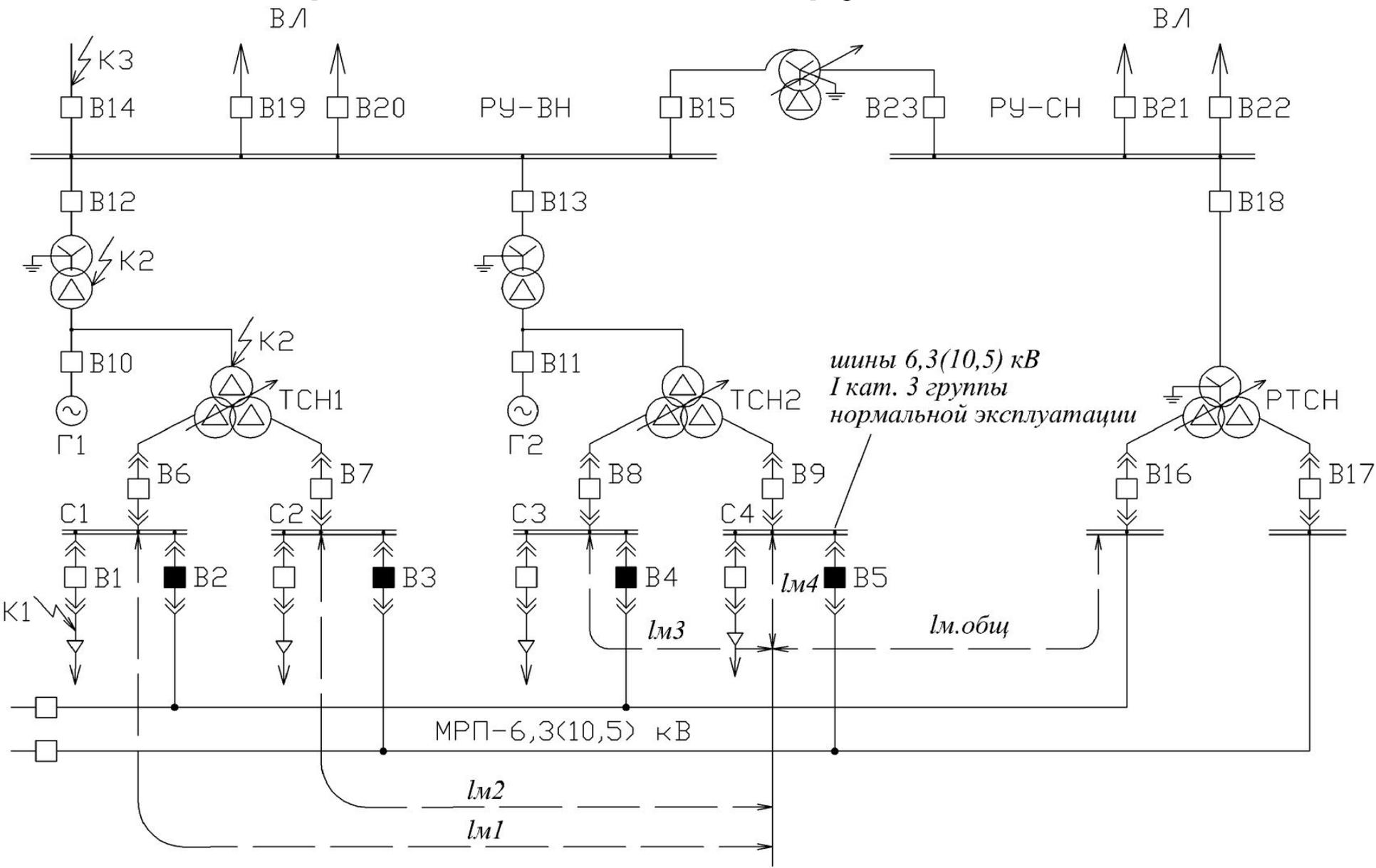
$$U_{секц}^{*(н)} = U_{секц}^{*(б)} \frac{U_6}{U_{дв.н}} = 1,05 U_{секц}^{*(б)}.$$

33. Расчет начального напряжения в случае расцепленного трансформатора



- Методика почти такая же, но имеется отличие:
- в случае предварительной нагрузки резервного ТСН появляются секции соседнего блока С3, С4

До самозапуска РТСН может быть загружен потребителями СН другого блока



Сначала определяется напряжение в точке расщепления $U_{в}$:

$$U_{в*}(\delta) = \frac{U_{сист*}(\delta)}{1 + \frac{x_{сист*}(\delta) + x_{в*}(\delta)}{x_{н1*}(\delta) + x_{м1*}(\delta) + \frac{1}{B_{секц1*}(\delta) + B_{секц3*}(\delta)}} + \frac{x_{сист*}(\delta) + x_{в*}(\delta)}{x_{н2*}(\delta) + x_{м2*}(\delta) + \frac{1}{B_{секц2*}(\delta) + B_{секц4*}(\delta)}}$$

Затем рассчитываются напряжения на секциях:

$$U_{секц.1,3*}(\delta) = \frac{U_{в*}(\delta)}{1 + (x_{н1*}(\delta) + x_{м1*}(\delta))(B_{секц1*}(\delta) + B_{секц3*}(\delta))}$$

$$U_{секц2,4*}(\delta) = \frac{U_{в*}(\delta)}{1 + (x_{н2*}(\delta) + x_{м2*}(\delta))(B_{секц2*}(\delta) + B_{секц4*}(\delta))}$$

Если предварительная нагрузка РТСН отсутствует, то соответствующие проводимости отсутствуют:

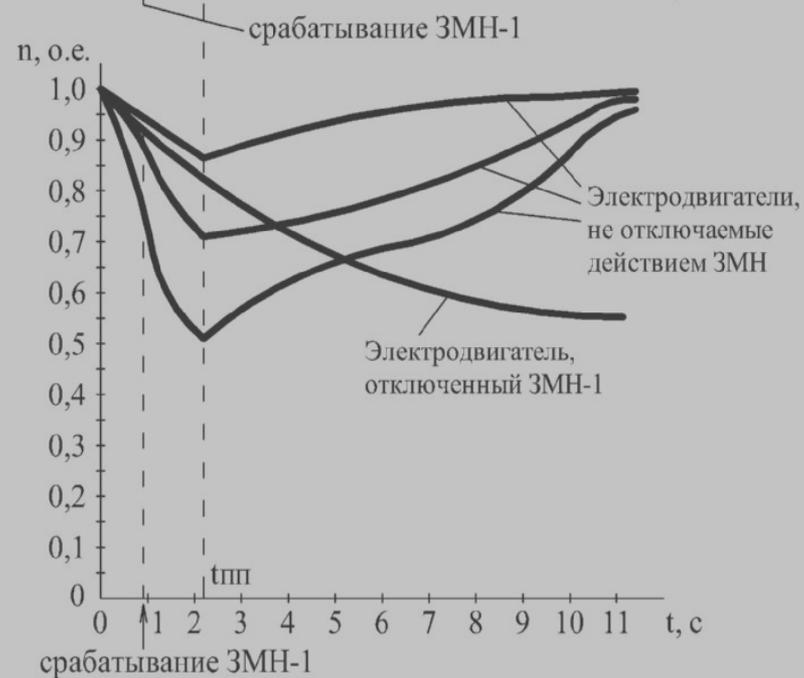
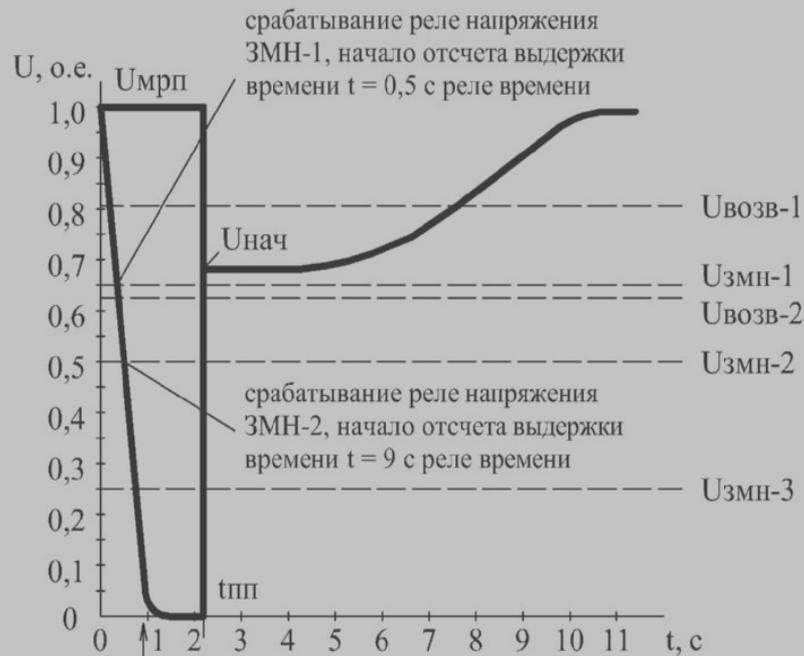
$$V_{секц3} = V_{секц4} = 0.$$

В независимости от наличия, отсутствия предварительной нагрузки, полученные напряжения следует умножить на 1,05 – см. п. 32

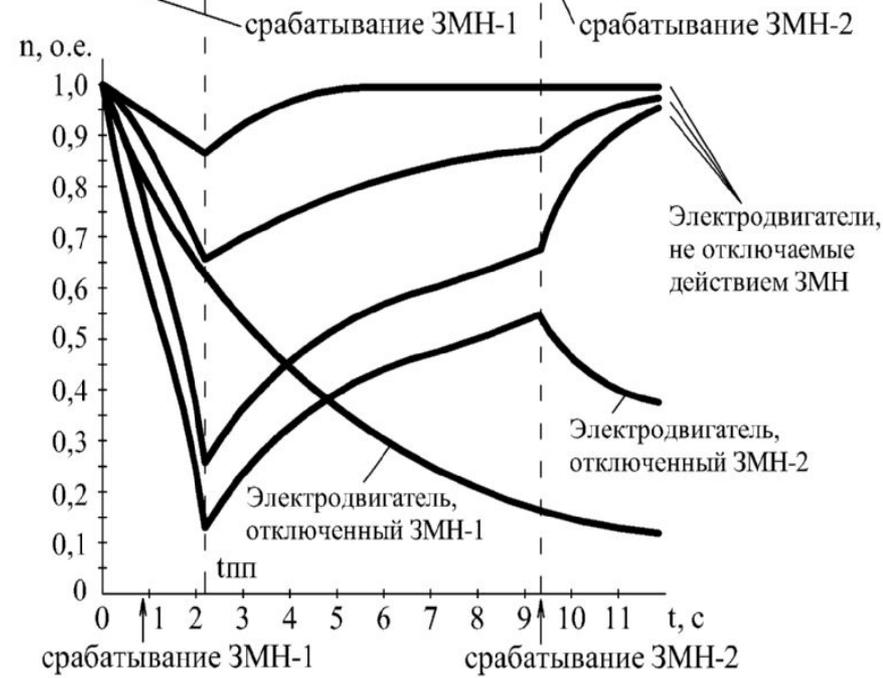
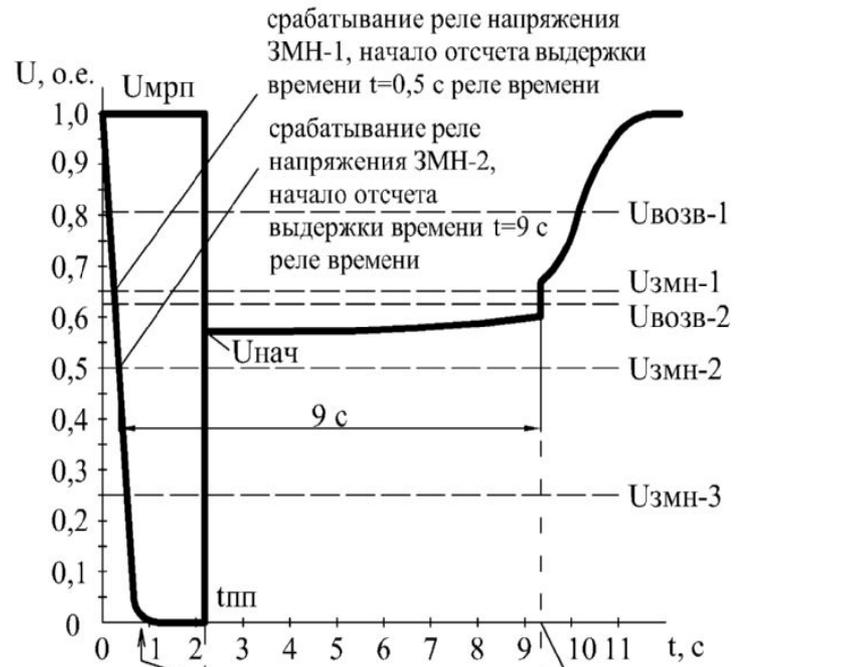
34. Особенности протекания самозапуска при действии ЗМН

- ЗМН-1: $U_{cp} = 0,65$; $\Delta t_{cp} = 0,5$ с;
 - ЗМН-2: $U_{cp} = 0,5$; $\Delta t_{cp} = 3 \dots 9$ с;
 - ЗМН-3 (АВР): $U_{cp} = 0,25$; $\Delta t_{cp} = 0,5$ с.
-
- ЗМН отключает часть двигателей, чтобы они не усложняли самозапуск других, более ответственных двигателей.
-
- ЗМН-1 отключает неответственных потребителей СН;
 - ЗМН-2 отключает двигатели ответственных, но имеющих технологический резерв механизмов;
 - ЗМН-3 принудительно отключает выключатели рабочих вводов и запускает АВР.

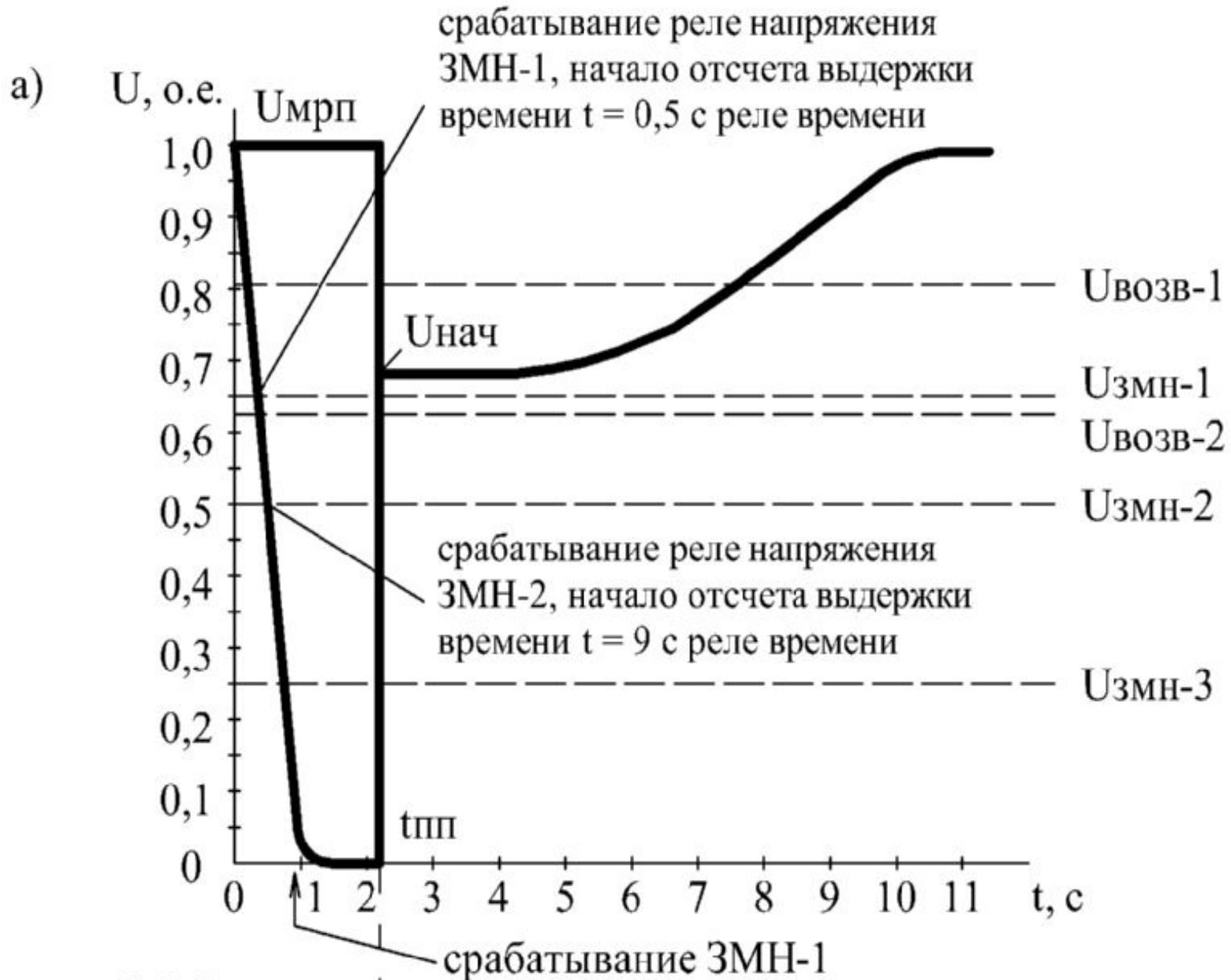
а)



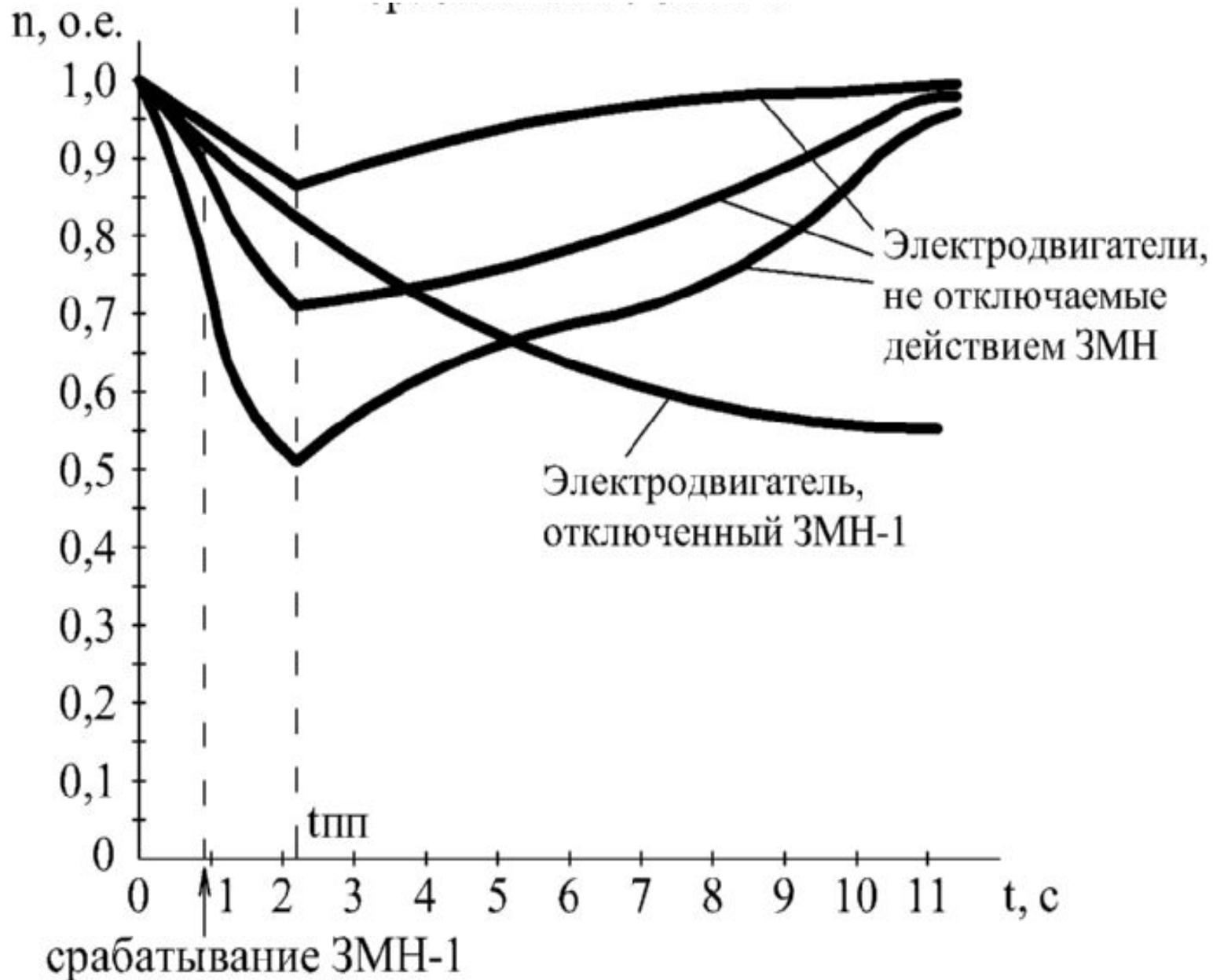
б)



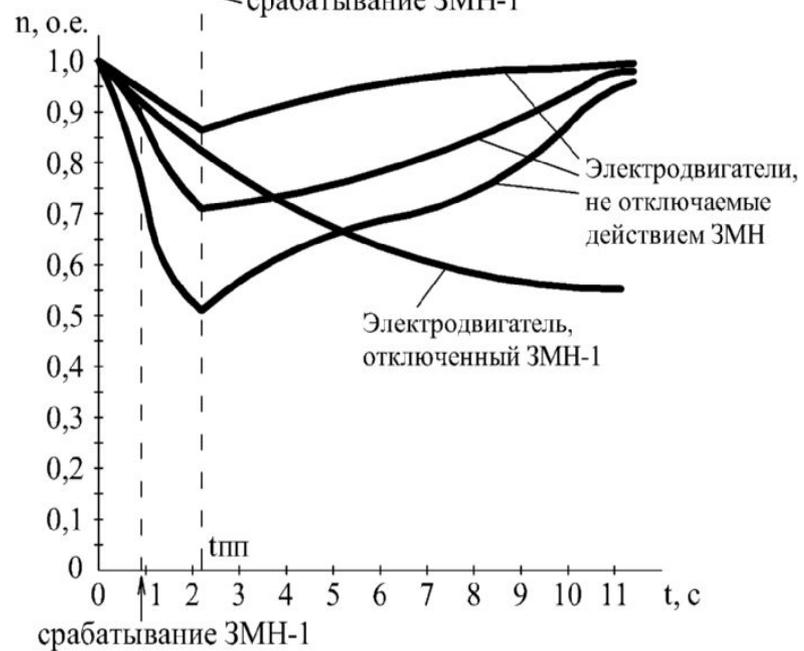
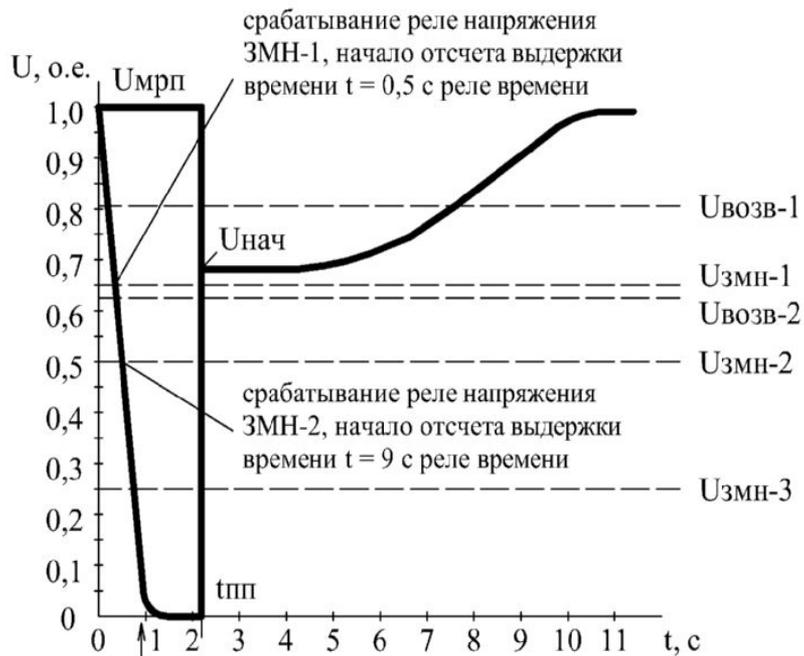
ЗМН-2 не срабатывает



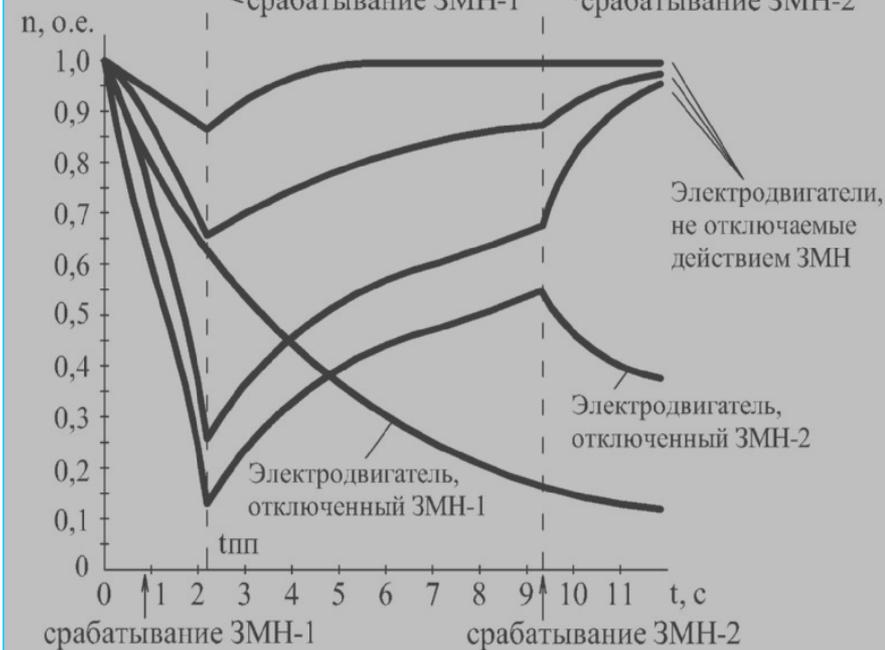
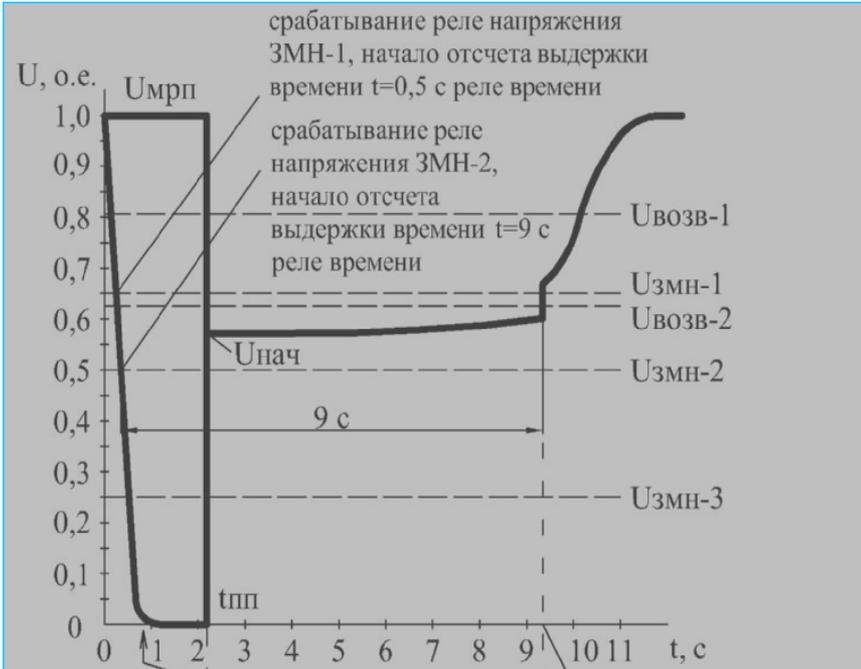
ЗМН-2 не срабатывает



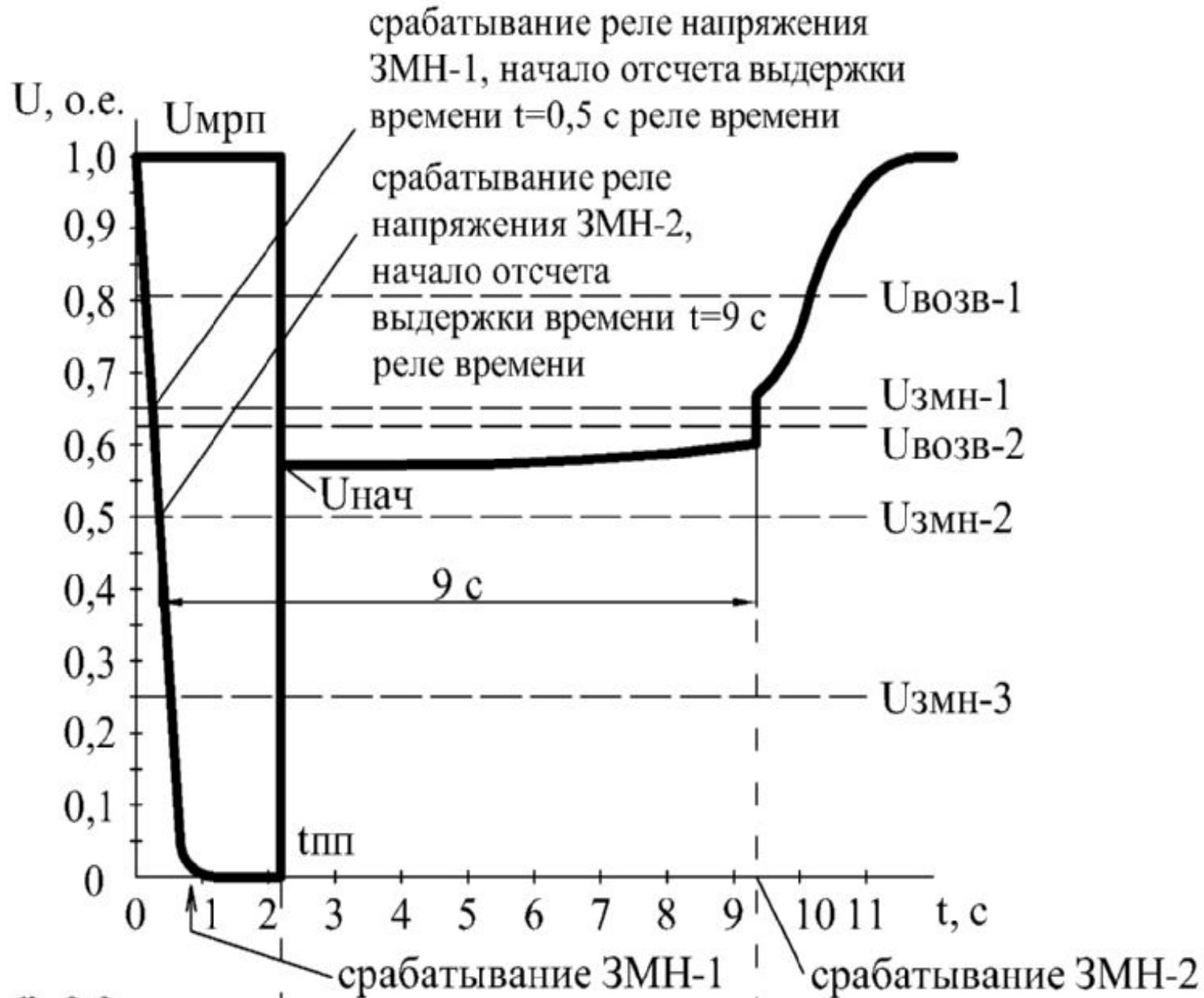
а)



б)



ЗМН-2 срабатывает



ЗМН-2 срабатывает

