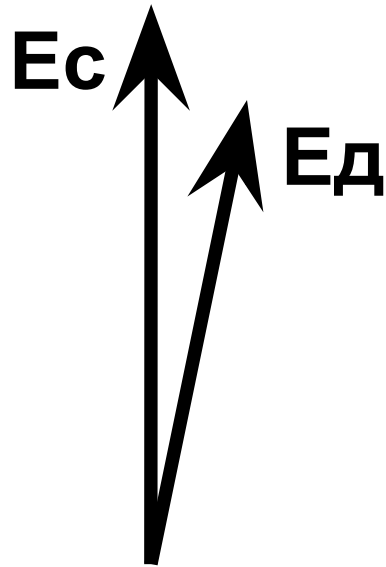


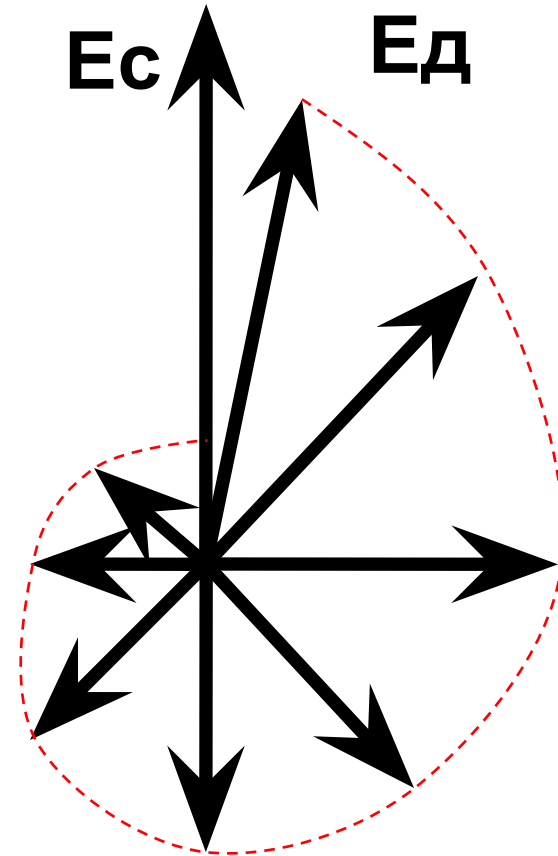
35. Противофазное включение двигателей СН в момент восстановления питания

- Допустим, на шинах СН произошел перерыв питания.
- За время этого перерыва роторы двигателей тормозились (т.е. выбегали), а их ЭДС плавно затухала. Вектор ЭДС E_d вращался всё медленнее.
- В то же время вектор ЭДС системы (со стороны ТСН или РТСН) вращался с синхронной скоростью, имея длину $E_c = 1$.
- Значит вектор E_d , уменьшаясь в размерах, проворачивается относительно вектора E_c .
- Значит, существует опасность противофазного включения двигателей в момент восстановления питания.

Векторная диаграмма ЭДС (зафиксируем вектор E_c)

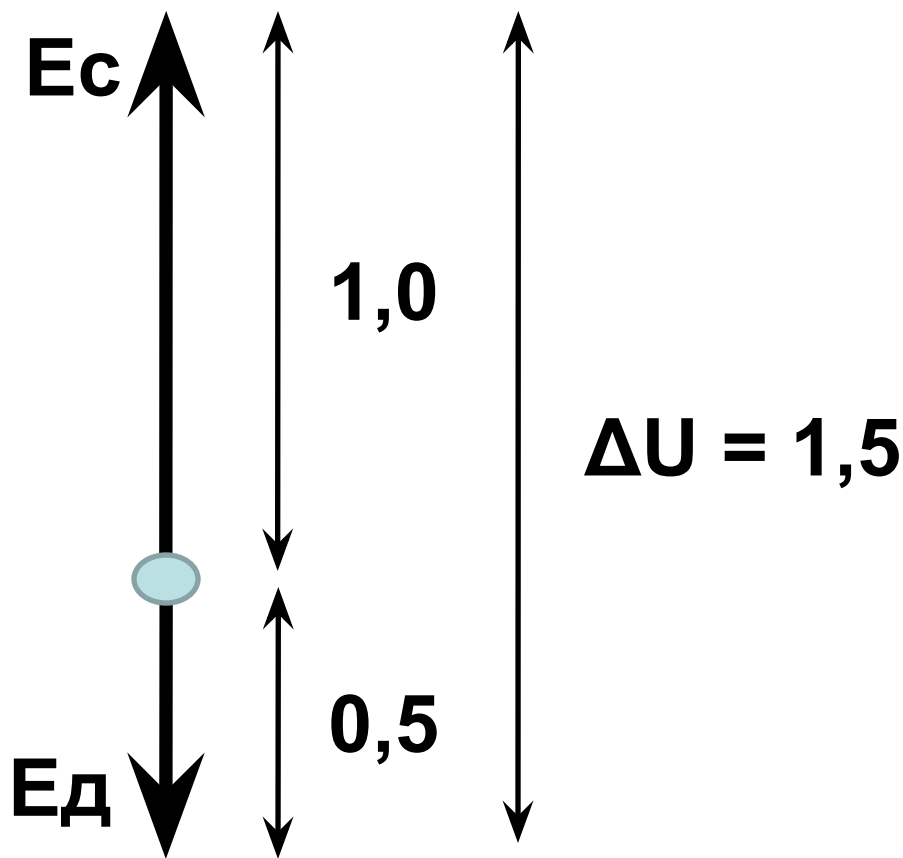


**до перерыва
питания**

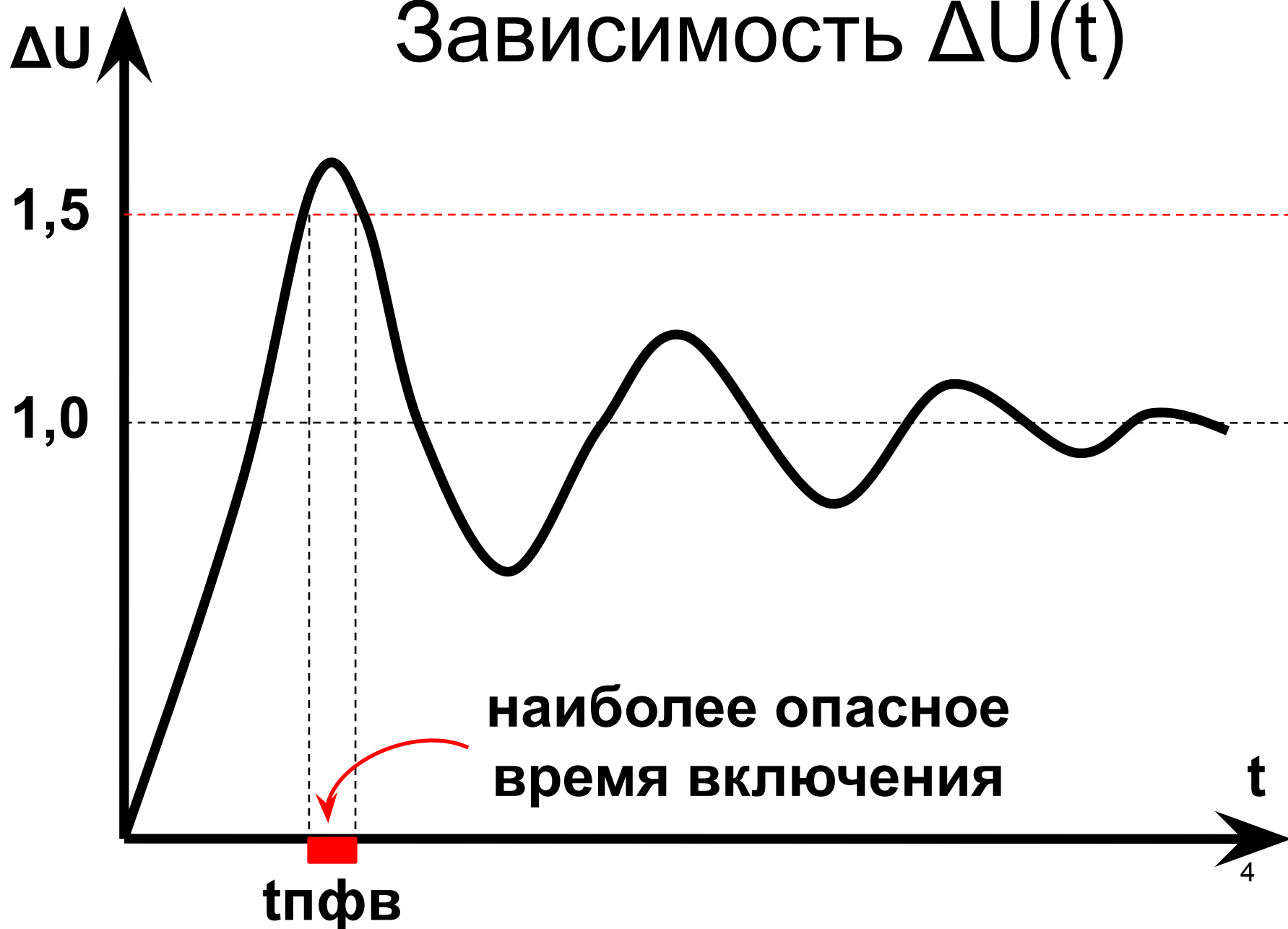


**в течение
перерыва питания**

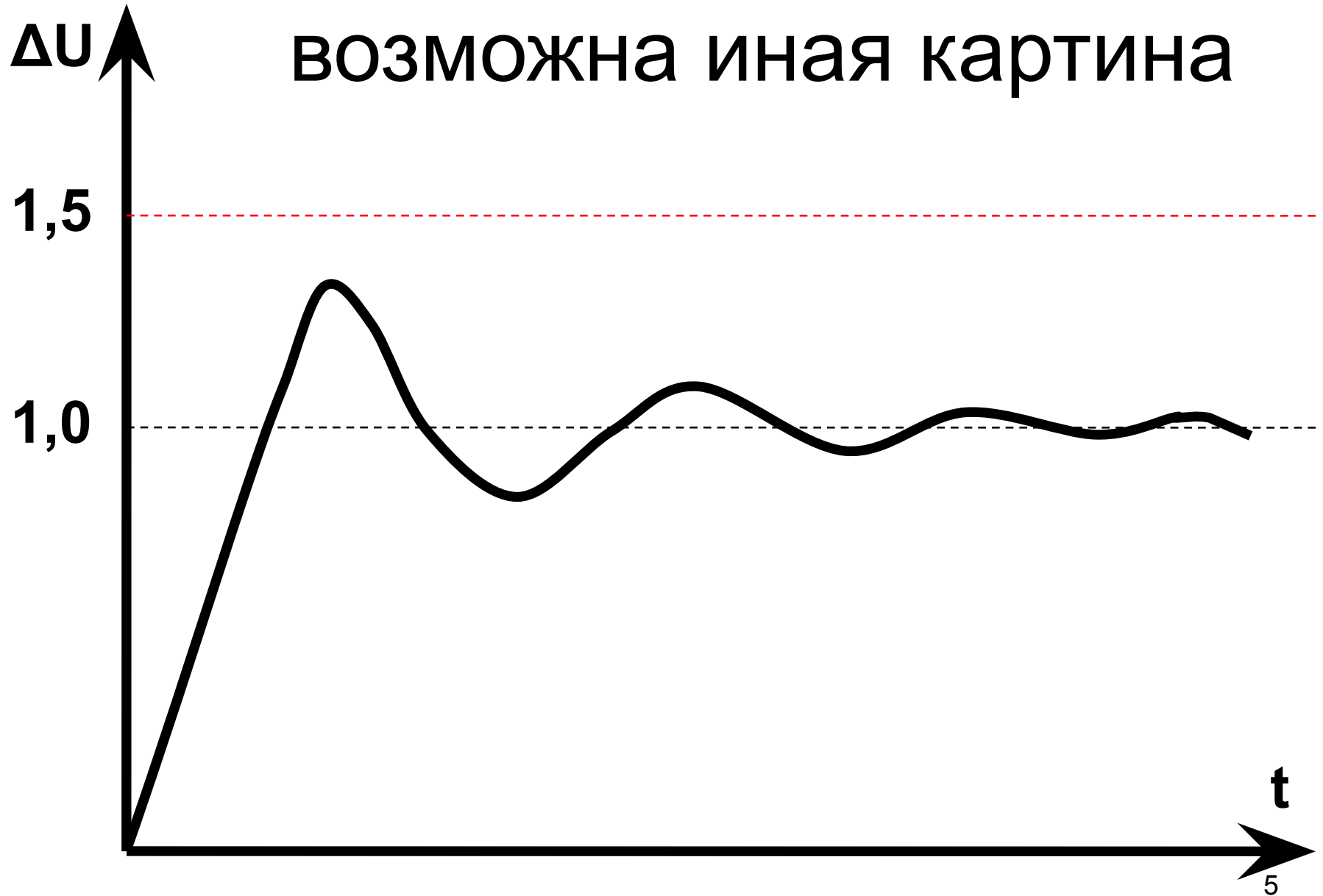
Считается, что ПФВ опасно,
когда $E_c + E_d > 1,5$ о.е.,
т.е. $E_d > 0,5$ о.е. в момент ПФВ



Зависимость $\Delta U(t)$



Для агрегатов с малыми T_j
возможна иная картина



Для агрегатов с большими
 T_j возможная иная картина



Иногда токи ПФВ опаснее токов КЗ

$$I_{\text{ПФВ}} = \frac{E_{\text{с}} + E_{\text{д}}}{X_{\text{с}} + X_{\text{д}}} > I_{\text{ПОД}} = \frac{E_{\text{д0}}}{X_{\text{д}}}$$

Например:

$$I_{\text{ПФВ}} = \frac{1,0 + 0,8}{0,2282 + 0,3612} \cdot 5,77 = 17,63 \text{ кА}$$

$$I_{\text{ПОД}} = \frac{0,94}{0,3612} \cdot 5,77 = 15,03 \text{ кА}$$

36. 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 остановах блоков;
- 8) исключение наиболее мощных электродвигателей из состава механизмов СН за счет применения турбопривода.

37. Методика определения нагрузки на дизель-генератор в процессе ступенчатого пуска

Номинальная мощность ДГ должна соответствовать суммарной мощности потребителей:

$$\sum_{i=1}^{n_{\text{ст}}} P_{\text{потр } i} \leq P_{\text{н дг}}$$

где мощность каждого потребителя равна:

$$P_{\text{потр}} = \frac{P_{\text{нас}}}{\eta_{\text{н}}} = \frac{P_{\text{дв н}} K_{\text{згр}}}{\eta_{\text{н}}}$$

Кроме того кратковременная (1-часовая)
допустимая мощность ДГ должна
соответствовать пиковой мощности при пуске.

Пиковая мощность определяется из условия,
что $(l - 1)$ ступень уже запущена и в данный
момент пускается последняя l -я ступень:

$$\sum_{i=1}^{l-1} P_{\text{потр } i} + P_{\text{пуск } l} \leq P_{\text{доп дг}}$$

где пусковая мощность каждого двигателя l -й
ступени равна:

$$P_{\text{пуск}} = \frac{P_{\text{дв.н}} \cos \varphi_{\text{пуск}} K_i}{\eta_n \cos \varphi_n} \quad \cos \varphi_{\text{пуск}} = \frac{\eta_n \cos \varphi_n (K_n + 0,025 K_i^2)}{(1 - s_n) K_i}$$

Условия запуска дизель-генераторов

Дизель-генераторы должны запускаться при полном обесточивании секций надежного питания, т.е. при исчезновении питания от рабочего и резервного ТСН.

Дизель-генераторы запускаются по факту срабатывания ЗМН-3, установленной на секции надежного питания. В отличие от ЗМН-3 секций нормальной эксплуатации, данная ЗМН-3 имеет выдержку времени 1,5 с (напряжение срабатывания то же – 0,25 о.е.).

Выдержка времени выбирается исходя из максимально возможного перерыва питания на секции н.э. – так, чтобы при исчезновении питания от рабочего ТСН дать возможность восстановить питание от РТСН.

Отличия ЗМН-3 секций н.э. и н.п.

ЗМН-3 секций н.э.

$$U_{\text{ср}} = 0,25$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ с}$$

отстраивается от
времени действия
РЗ

ЗМН-3 секций н.п.

$$U_{\text{ср}} = 0,25$$

$$\underline{\Delta t = 1,5 \text{ с}}$$

отстраивается от
времени перерыва
питания при переходе
с ТСН на РТСН

Действие ЗМН-3

Если исчезает и не восстанавливается питание секций н.э. (и соответственно секций н.п.) от рабочего ТСН и резервного ТСН, то ЗМН-3 секций н.п.:

- отключает оба выключателя между секциями н.э. и н.п.,
- подает импульс на запуск дизель-генератора,
- включает выключатель дизель-генератора.

38. Режим совместного выбега турбогенератора с агрегатами СН.

Причины возникновения и назначение режима совместного выбега

- Совместный выбег – плавный останов турбогенератора и агрегатов СН при отключении энергоблока от системы и отсечении пара, поступавшего на турбину.
- Совместный выбег происходит за счет кинетической энергии вращающихся масс турбины и ротора генератора.
- Собственные нужды получают электроэнергию от останавливающегося генератора через рабочий ТСН.

Условия существования совместного выбега

- 1) Выключатель блока отключен.
- 2) Генераторный выключатель включен.
- 3) Генератор возбужден.
- 4) Пар, поступавший на турбину, отсечен.
- 5) Выключатели рабочего ввода на секцию СН от рабочего ТСН включены.
- 6) Выключатели электродвигателей СН (хотя бы части из них) включены.

Условие прекращения совместного выбега

Совместный выбег прекращается в момент, когда $U = 0,25$ о.е.

В этот момент срабатывает ЗМН-3, принудительно отключает выключатели рабочих вводов и включает выключатели резервных вводов от МРП.

После чего начинается самозапуск двигателей от РТСН.

Назначение совместного выбега

- Для АЭС:

как можно дольше поддерживать вращение ГЦН на секциях нормальной эксплуатации при обесточивании блока.

- Для ТЭС:

предотвратить нерасчетный разгон турбины, вызванный несвоевременной или неплотной посадкой стопорного клапана.

39. Расчет совместного выбега турбогенератора с агрегатами собственных нужд

- Расчет основан на решении ДУ движения:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{M_{изб*}}{T_{j_{выб*}}}$$

- Но в отличие от расчета выбега и самозапуска интегрирование ведут не по времени t , а по частоте n .

$$\Delta t_i = \frac{T_{j_{выб*}}}{M_{изб\ i*}} \Delta n_{i*} \qquad n_* = 1 + s$$

Задаваясь приращением частоты Δn_i , находят приращение по времени Δt_i , определяют текущее время и текущую частоту:

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

$$n_{i+1} = n_i + \Delta n_i.$$

В итоге получают зависимость $n(t)$.

Как правило, при разрешенном совместном выбеге генератор оборудован блоком выбега, который поддерживает напряжение пропорциональным частоте. Поэтому одновременно получают зависимость $U(t) = n(t)$ в о.е.

Режим, предшествующий совместному выбегу

- Методика и результаты расчета СВ зависят от того, какой режим предшествовал совместному выбегу.
- СВ может протекать:
 - из исходного генераторного режима;
 - из исходного двигательного режима.

Исходный генераторный режим

- Выбегу из генераторного режима предшествует работа генератора с выдачей электроэнергии в энергосистему, если в результате аварии одновременно с закрытием стопорного клапана турбины отключится блочный выключатель.
- В генераторном режиме нагрузка СН сохраняет электроснабжение от рабочего трансформатора СН с переменной частотой и напряжением.

Исходный двигательный режим

- Выбег из двигательного режима создается, если в результате аварии (в тепловой схеме) происходит закрытие стопорного клапана турбины, но без отключения блочного выключателя.
- При этом генератор работает в двигательном режиме параллельно с сетью системы, потребляя из сети энергию на покрытие механических потерь.
- Длительность двигательного режима ограничена возможностью работы паровой турбины без подачи пара.
- Как правило, в таком режиме турбоагрегат может работать 1-2 минуты. В течение этого времени может произойти КЗ на РУ-ВН с отключением выключателя блока. После чего начнется СВ.

Исходные режимы для АЭС и ТЭС

Для **АЭС** актуальны оба режима:

- генераторный;
- двигательный.

Для **ТЭС** актуален один режим:

- генераторный.

1) Расчет из исходного генераторного режима

Здесь очень важно точно воспроизвести начальный восходящий участок зависимости $n(t)$. Поэтому принимают следующие приращения:

- $\Delta n = 0,05$ при $n = 1 \dots 1,1$;
- $\Delta n = 0,01$ при $n = 1,1 \dots n_{max}$;
- $\Delta n = -0,001$ при $n = n_{max}$;
- $\Delta n = -0,01$ – следующая точка после максимума.

Далее при снижении n на всей кривой выбега $\Delta n = -0,05$.

1) Расчет из исходного генераторного режима

Кроме того, мощность турбины здесь не равна нулю (хотя и затухает до нуля примерно за 5-20 секунд).

Мощность турбины определяется с учетом:

- а) запаздывания в закрытии стопорного клапана по сравнению с моментом отключения блочного выключателя (**t_{зап}**);
- б) расширения отсеченного объема пара между стопорным клапаном и турбиной (**T_{отс}**).

1) Расчет из исходного генераторного режима

Мощность турбины в зависимости от времени моделируется так:

$$\text{при } t \leq t_{зан} \quad P_{турб} = P_{турб\ 0};$$

$$\text{при } t > t_{зан} \quad P_{турб} = P_{турб\ 0} \exp\left(-\frac{t - t_{зан}}{T_{отс}}\right)$$

где $P_{турб\ 0}$ — мощность турбины в исходном режиме (её определение будет дано ниже).

2) Расчет из исходного двигательного режима

Здесь частота плавно убывает, поэтому
допускается принимать $\Delta n = -0,05$.

И на всей продолжительности выбега
мощность турбины равна нулю:

$$P_{\text{турб}} = 0.$$

Расчет из любого исходного режима выполняется в следующем порядке:

1) Рассчитывают инерционную постоянную выбегающей системы (генератор + агрегаты СН):

$$T_{J_{\text{выб}}^*} = \frac{1}{S_{\text{б}}} (T_{J_{\text{м/а}}} \cdot P_{\text{гн}} + \sum_k T_{J_{\text{двк}}} \cdot P_{\text{дв.нк}})$$

Базисную мощность можно принять равной активной номинальной мощности генератора:

$$S_{\text{б}} = P_{\text{гн}}.$$

2) Определяют потери:

$P_{нас}$ – тормозная мощность агрегатов СН (насосов);

$P_{в}$ – потери на вентиляцию;

$P_{тр}$ – потери на трение;

$P_{ст}$ – потери в стали;

$P_{возб}$ – потери на возбуждение;

$P_{си}$ – потери в меди

Тормозная мощность агрегатов СН (насосов):

$$P_{\text{нас}} = P_{\text{дв.н}} \cdot K_{\text{згр}} \cdot M_{\text{с}} \cdot n$$

Потери на вентиляцию:

$$P_{\text{в}} = (P_{\text{в0}}^m + P_{\text{в0}}^z) n^3$$

где $P_{\text{в0}}^m$ – мощность потерь на вентиляцию турбины в беспаровом режиме;

где $P_{\text{в0}}^z$ – мощность потерь на вентиляцию генератора в исходном режиме.

Потери на трение:

$$P_{тр} = (P_{тр.оп 0}^m + P_{тр.оп 0}^2) n_* + P_{тр.уп 0}^m n_*^{1,5}$$

где $P_{тр.оп 0}^m$ – мощность потерь на трение в опорных подшипниках турбины в исходном режиме;

где $P_{тр.оп 0}^2$ – мощность потерь на трение в опорных подшипниках генератора в исходном режиме;

где $P_{тр.уп 0}^m$ – мощность потерь на трение в упорных подшипниках турбины в исходном режиме.

Потери в стали:

$$P_{cm} = (P_{cm0}^2 + P_{cm0}^m + P_{cm0}^{TCH} + \sum_k P_{cm0k}) \frac{U_*^2}{n_*^{0,7}}$$

где P_{cm0}^2 – мощность потерь в стали генератора в исходном режиме;

где P_{cm0}^m – мощность потерь в стали блочного трансформатора в исходном режиме;

где P_{cm0}^{TCH} – мощность потерь в стали ТСН в исходном режиме;

где P_{cm0k} – мощность потерь в стали k -го электродвигателя в исходном режиме.

Потери на возбуждение:

$$P_{\text{возб}} = P_{\text{возб хх}} n^*$$

При разрешенном совместном выбеге генератор оборудован блоком выбега, который поддерживает напряжение возбуждения пропорциональным частоте вращения. В относительных единицах:

$$U^* = n^*$$

Потери в меди:

$$P_{Cu} = \frac{\sum_k P_{наск}}{U_* \sum_l P_{дв.лк}} \cdot \sum_k P_{Cu 0 k}$$

где $P_{Cu 0 k}$ – мощность потерь в меди k -го электродвигателя в исходном режиме.

3) Рассчитывается ускоряющая мощность турбины $P_{турб}$, если исходный режим генераторный (или $P_{турб} = 0$, если исходный режим двигательный):

Мощность турбины в исходном режиме:

$$P_{турб\ 0} = P_{zn} + P_{в} + P_{тр}$$

Мощность турбины в момент времени t :

$$\text{при } t \leq t_{зан} \quad P_{турб} = P_{турб\ 0};$$

$$\text{при } t > t_{зан} \quad P_{турб} = P_{турб\ 0} \exp\left(-\frac{t - t_{зан}}{T_{отс}}\right)$$

4) Рассчитываются избыточная мощность и избыточный момент:

Избыточная мощность:

$$P_{изб} = P_{турб} - \sum_k P_{наск} - P_{в} - P_{тр} - P_{см} - P_{возб} - P_{Cu}$$

Избыточный момент:

$$M_{изб*} = \frac{P_{избi}}{S_{\phi} n_{i*}}$$

5) Задаваясь приращением Δn_i , вычисляют приращение времени:

$$\Delta t_i = \frac{T_{j_{\text{выб}}^*}}{M_{\text{изб } i^*}} \Delta n_{i^*}$$

Если СВ протекает из исходного **двигательного** режима, то трудностей в определении Δn_i не возникает ($\Delta n_i = -0,05$ на каждом шаге интегрирования).

Если СВ протекает из исходного **генераторного** режима, то требуется следить за знаком $R_{\text{изб}}$:

Сначала $\Delta n_i > 0$.

В тот момент, когда $R_{\text{изб}}$ меняет свой знак с (+) на (-), следует также изменить знак Δn_i с (+) на (-).

Этот момент соответствует максимуму функции n_{max} .

6) Определяют текущее время и текущую частоту (которая также равна текущему напряжению в о.е.):

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

$$n_{i+1} = n_i + \Delta n_i.$$

$$U_{i+1} = n_{i+1}$$

7) Определяют подачу Q механизмов СН:

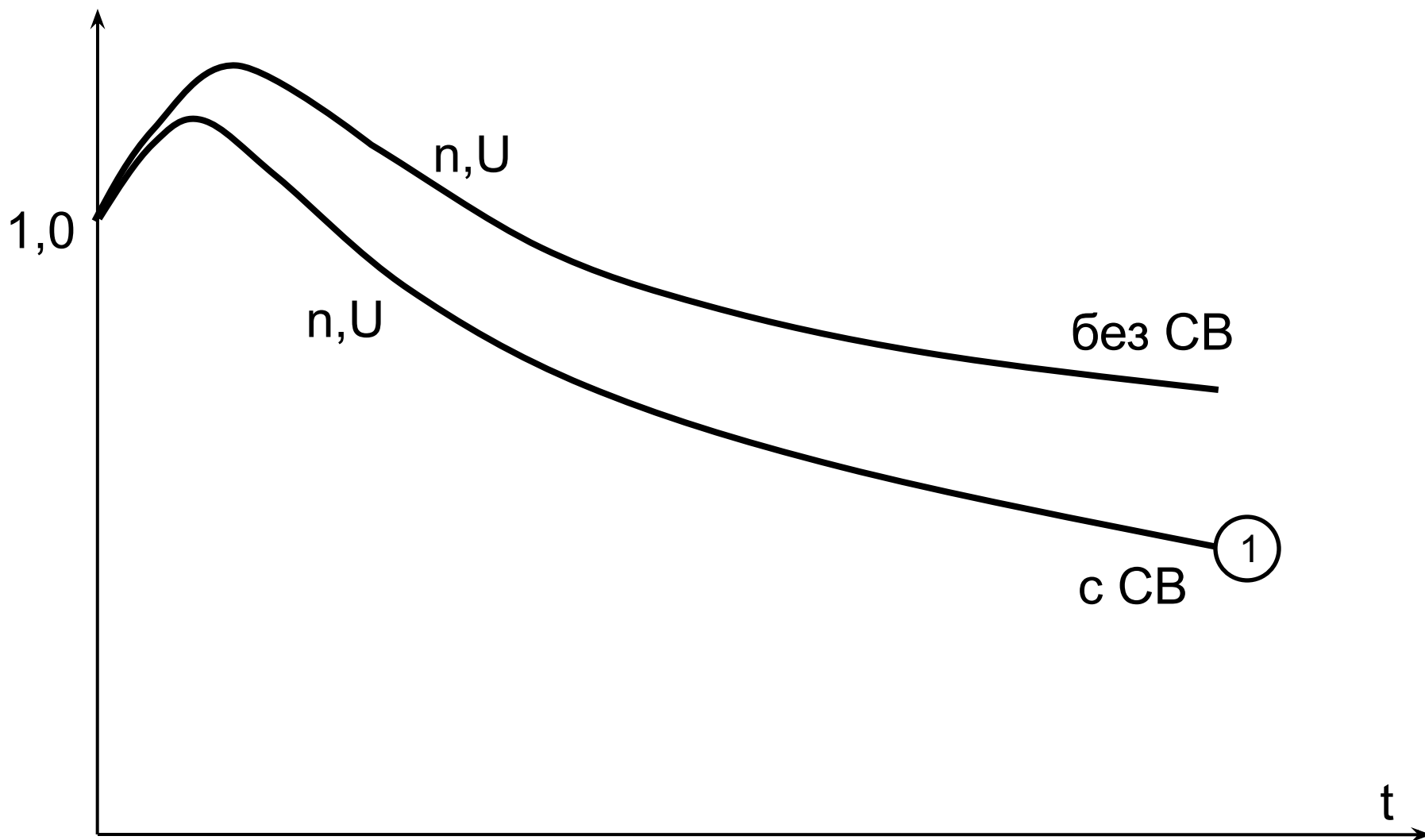
- для механизмов без противодействия $Q = n$;
- для механизмов с противодействием:

$$Q_* = \left(\frac{n_{кл*} - n_*}{n_{кл*} - 1} \right)^{p_3} \quad p_3 = \frac{1}{\frac{\ln M_{кл*}}{\ln n_{кл*}} - 1}$$

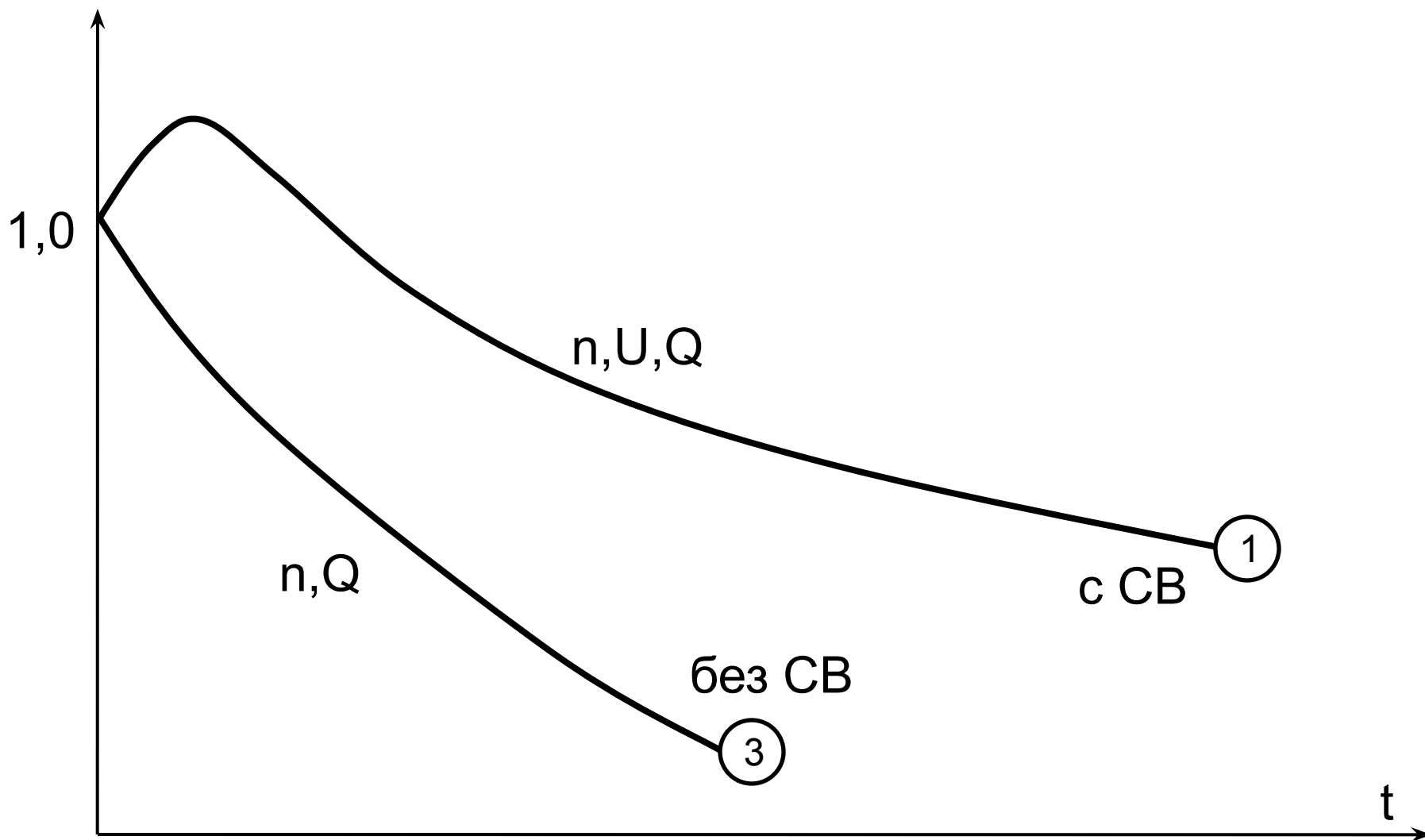
40. Результаты расчета совместного выбега

В результате расчета СВ получаем графики зависимостей:

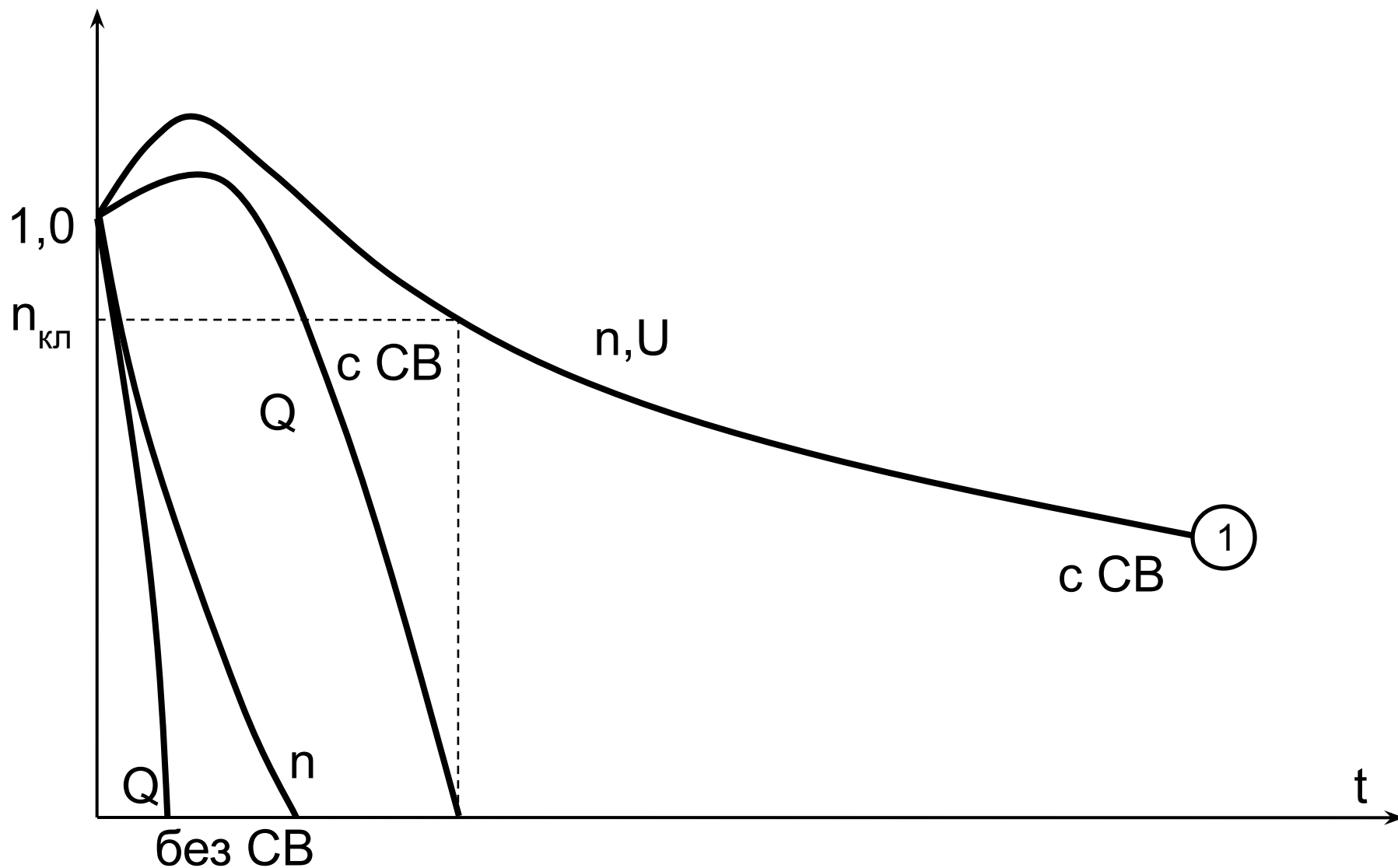
- $n(t)$;
- $U(t)$;
- $Q(t)$.



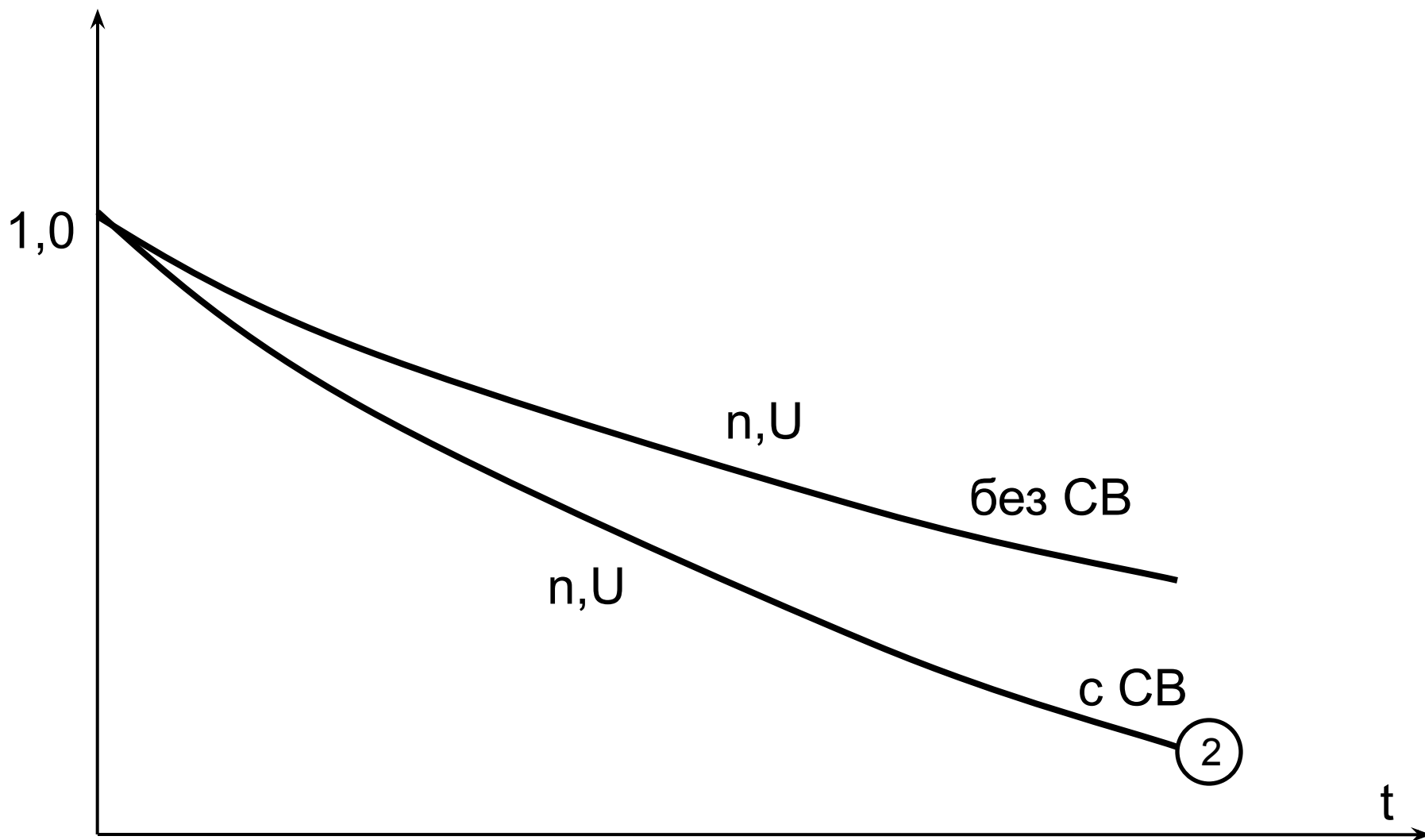
Зависимости для генератора
Выбег из генераторного режима



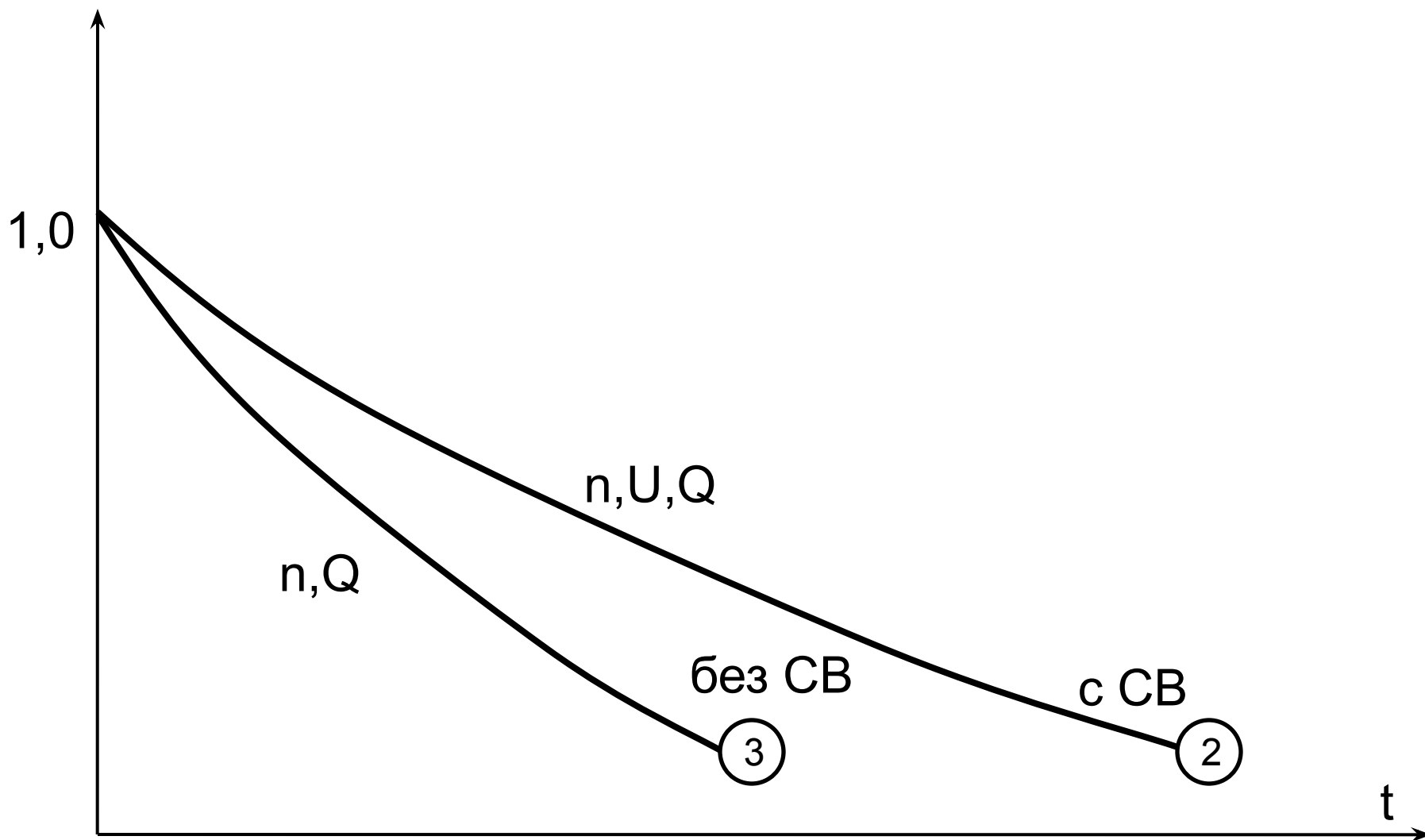
Зависимости для двигателей механизмов без ПД
 Выбег из генераторного режима



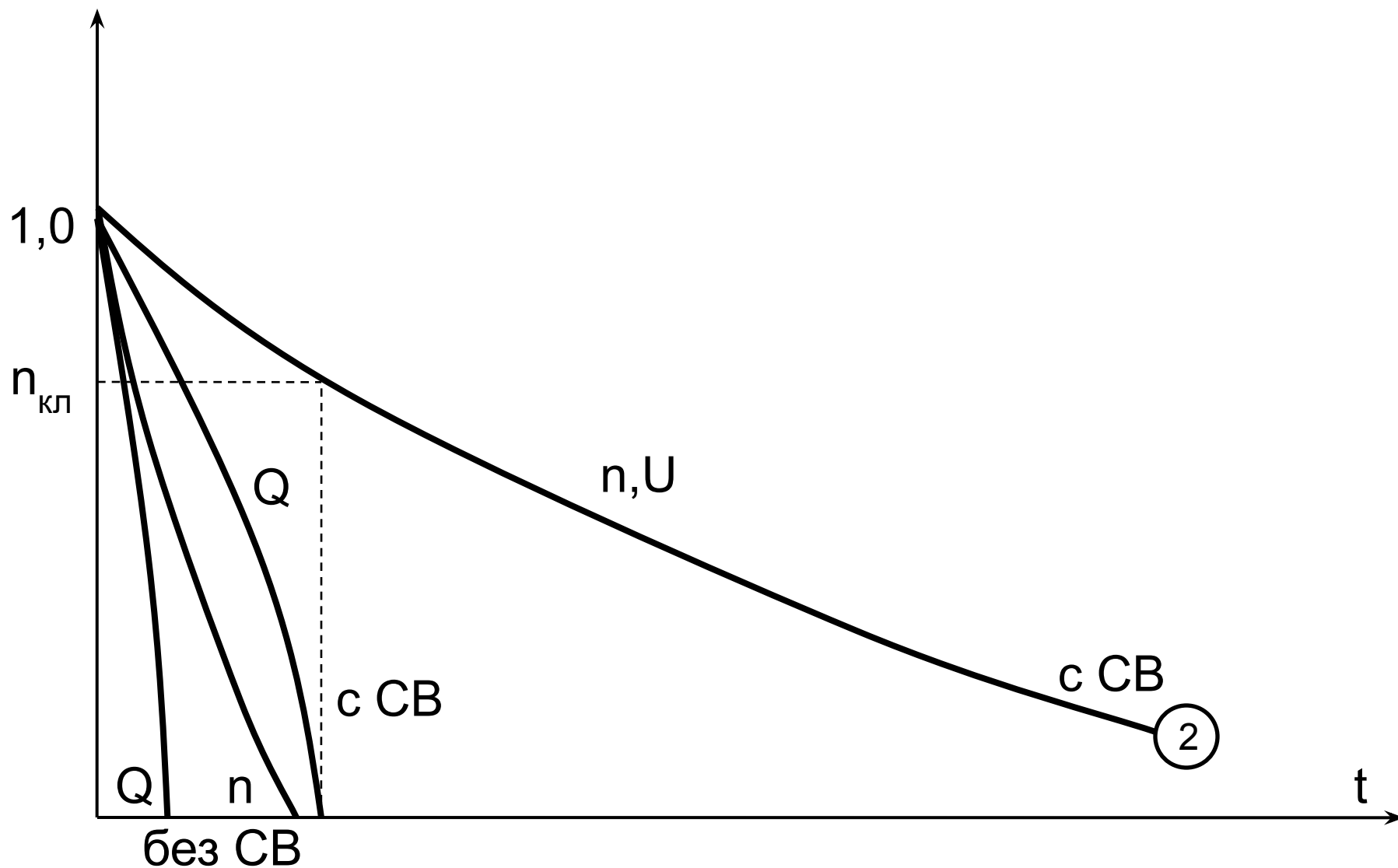
Зависимости для двигателей механизмов с ПД
 Выбег из генераторного режима



Зависимости для генератора
Выбег из двигательного режима



Зависимости для двигателей механизмов без ПД
 Выбег из двигательного режима



Зависимости для двигателей механизмов с ПД
 Выбег из двигательного режима

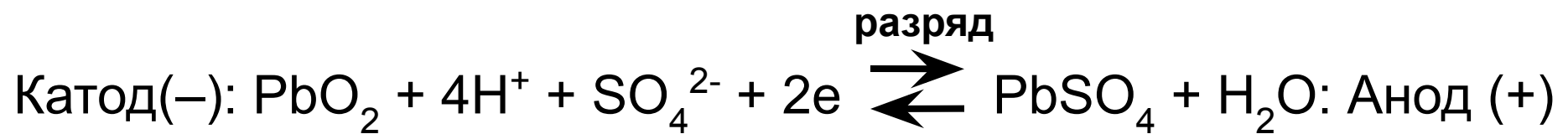
41. Виды аккумуляторных батарей

Аккумуляторные батареи бывают различных типов:

- **СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫЕ;**
- никель-кадмиевые;
- никель-металл-гидридные;
- литий-ионные;
- литий-полимерные;
- литий-цинковые и т. д.

Рассмотрим наиболее распространенные на электростанциях и подстанциях свинцово-кислотные аккумуляторы.

Принцип действия свинцово-кислотного аккумулятора



Просуммируем реакции



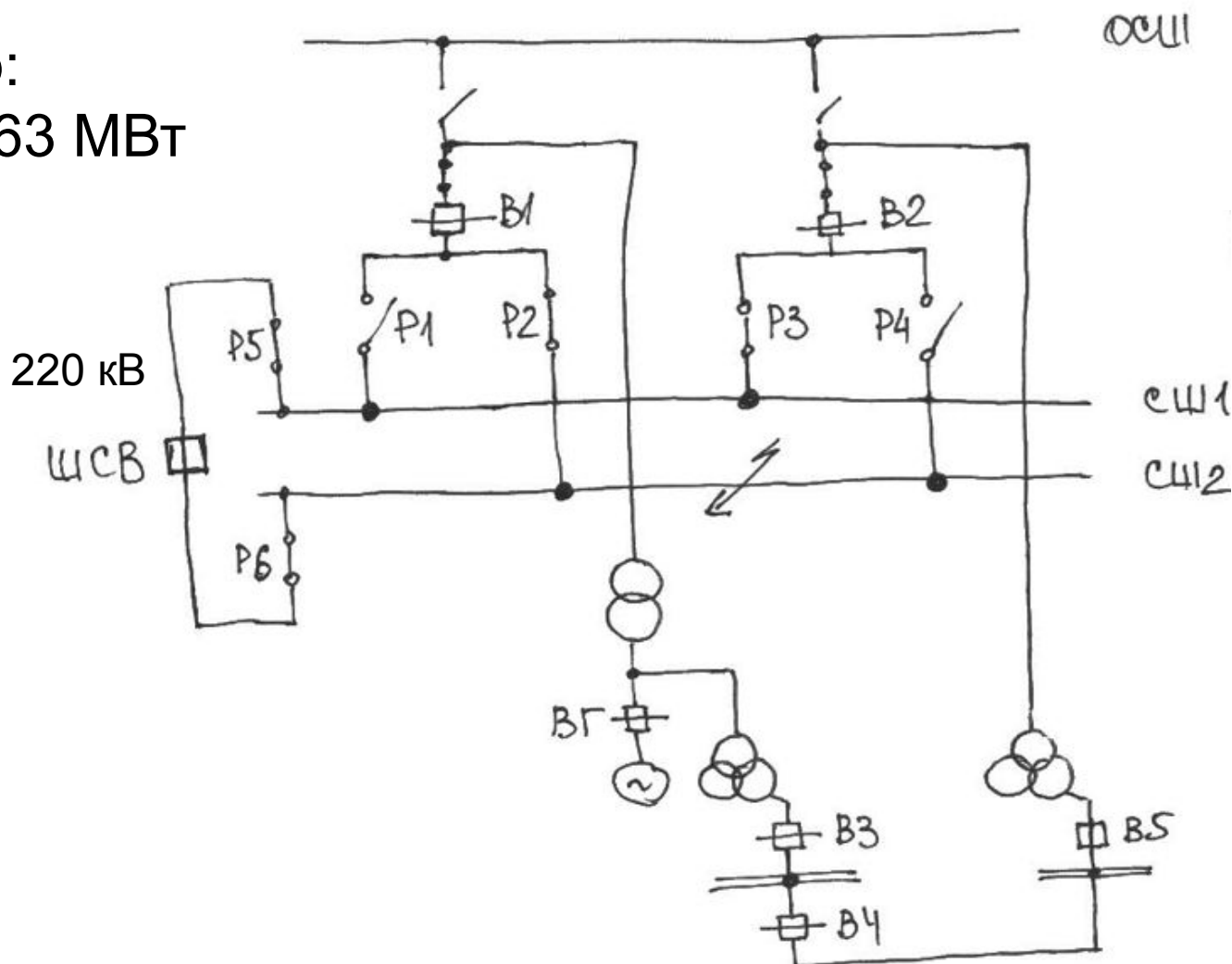
41. Выбор параметров аккумуляторной батареи

Потребители постоянного тока:

- РЗиА;
- телемеханика;
- управление коммутационными аппаратами;
- связь;
- сигнализация;
- аварийное освещение;
- особо ответственные маломощные механизмы СН:
 - АМН смазки подшипников генератора и турбины;
 - АМН водородных уплотнений генератора;
 - привод СРК.

Рассмотрим следующий, наиболее тяжелый сценарий аварии:

Пример:
ТЭЦ 3х63 МВт



КЗ на СШ2 + отказ ШСВ + срабатывание УРОВ +
+ отключение всех выключателей присоединений =
= потеря питания СН от ТСН и РТСН.

- Выбор АБ рассмотрим на примере ТЭЦ 3х63 МВт и отечественных аккумуляторов типа СК.
- Допустим, СВ генератора с механизмами СН запрещен.
- Тогда по факту отключения блочного В1 отключаются ВГ и ВЗ. Происходит попытка АВР с контролем напряжения на МРП.
- Так как напряжение на МРП отсутствует, то В4 не включается.
- Итак, секции 6 кВ на некоторое время лишены питания – как рабочего, так и резервного, т.е. полностью обесточены.
- Чем определяется это время?

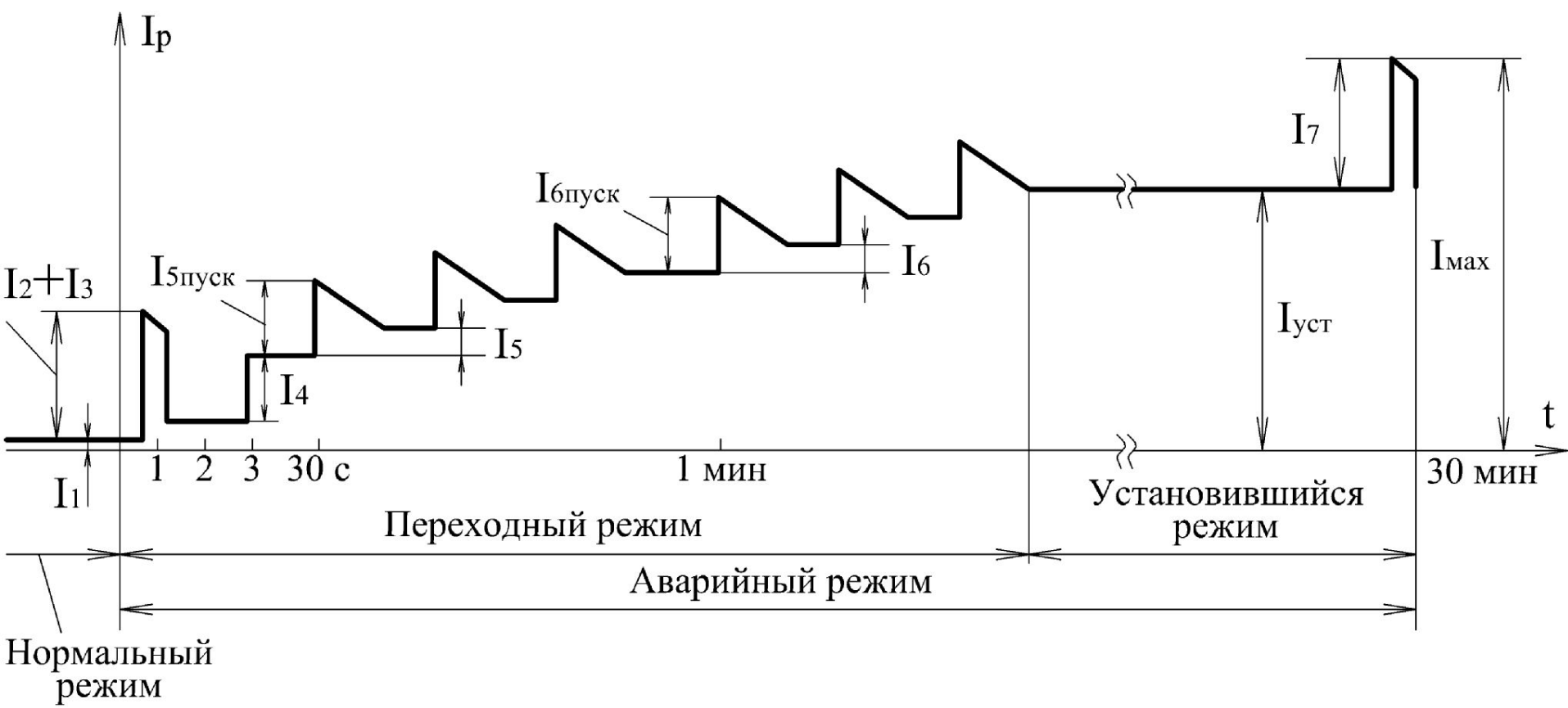
Чем определяется время обесточивания?

Время обесточивания определяется длительностью следующих оперативных переключений:

- отключение разъединителей Р5, Р6 отказавшего ШСВ;
- отключение Р2;
- включение Р1, т.е. перевод блока со второй на первую СШ.

Это время примерно составляет 0,5 ч.

После этого выключатели В1, ВГ, В2, В3 можно включить.



До обесточивания АБ питала сравнительно небольшую постоянно включенную нагрузку I_1 – аппараты управления, блокировка, сигнализация, РЗиА, постоянно включенная часть аварийного освещения.

Пусть в момент $t = 0$ отключился выключатель В1.

Начиная с этого момента, вся нагрузка потребителей постоянного тока ложится на АБ.

Через доли секунды отключится В3, электромагнит которого потребляет ток I_2 . В этот же момент включается резервный преобразовательный агрегат устройств связи

≈ через 3 секунды включится дополнительное аварийное освещение I_4 ;

≈ через 30 секунд включатся двигатели постоянного тока АМН уплотнений генератора, потребляющие пусковой ток $I_{5\text{пуск}}$, а в дальнейшем – рабочий ток I_5 ;

≈ через 1 минуту включатся двигатели постоянного тока АМН смазки подшипников – $I_{6\text{пуск}}$ и I_6 ;

Далее в течение получаса наблюдается установившийся режим с током

$$I_{\text{уст}} = I_1 + I_3 + I_4 + 3I_5 + 3I_6$$

В конце получасового разряда АБ принимает последнюю, кратковременную, но наиболее критичную нагрузку – толчковый ток включения выключателя 220 кВ В2 I_7 .

После этого АБ вновь запитывается извне, т.е. автономный разряд АБ заканчивается, а выключатели В1, ВГ, В3 включаются уже за счет энергии сети.

Пример

Пусть

$$I_1 = 20 \text{ A};$$

$$I_3 = 30 \text{ A};$$

$$I_4 = 160 \text{ A};$$

$$I_5 = 40 \text{ A};$$

$$I_6 = 43 \text{ A};$$

$$I_7 = 720 \text{ A}.$$

$$I_{\text{уст}} = 20 + 30 + 160$$

+

$$+ 3 \cdot 40 + 3 \cdot 73 \approx 550$$

A

$$I_{\text{max}} =$$

$$550 +$$

$$+ 720 =$$

$$= 1270 \text{ A}$$

1. Выбираем типовой номер АБ

Типовой номер N выбираем исходя из установившегося режима.

$N \geq 1,05 I_{уст} / j$, где

j – допустимая нагрузка аварийного разряда, приведенная к первому номеру АБ.

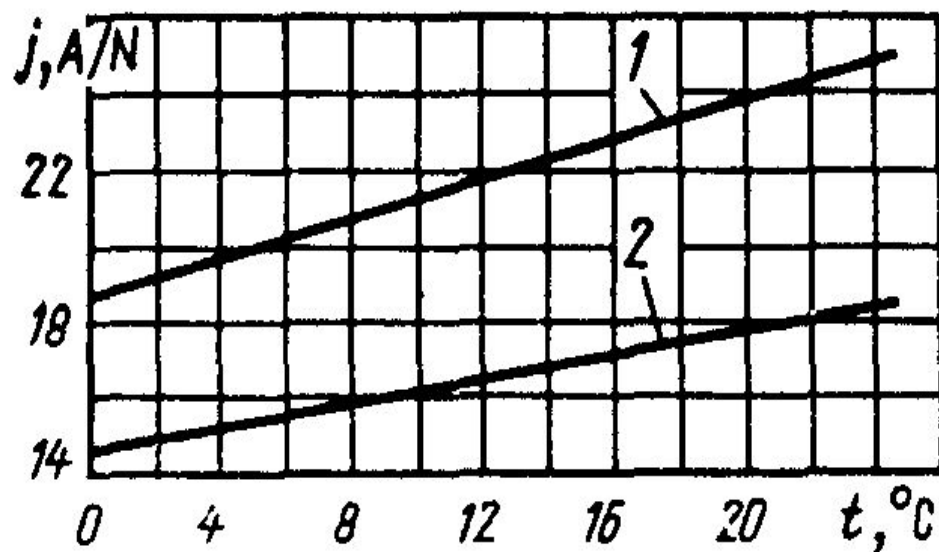
При $+25^{\circ}\text{C}$ по кривой 1

$j = 25 \text{ А}$ для 0,5 ч.

$N \geq 1,05 \cdot 550 / 25 = 23,1$

$N = 24$

СК-24



2. Проверяем АД по
наибольшему толчковому току в
конце разряда

$$46N \geq I_{\max}$$

$$46 \cdot 24 = 1104 < 1270 \text{ — условие не}$$

выполняется

Должно быть:

$$N \geq I_{\max} / 46 = 1270 / 46 = 27,6$$

Выбираем номер $N = 28$

СК-28

3. Проверяем АБ по допустимому снижению напряжения при протекании толчкового тока

Ток разряда, отнесенный к первому номеру АБ:

$$I_{p1} = I_{\max} / N = 1270 / 28 = 45,4 \text{ А}$$

По графику $U_{\text{ш}} = 85\%$,

что больше, чем

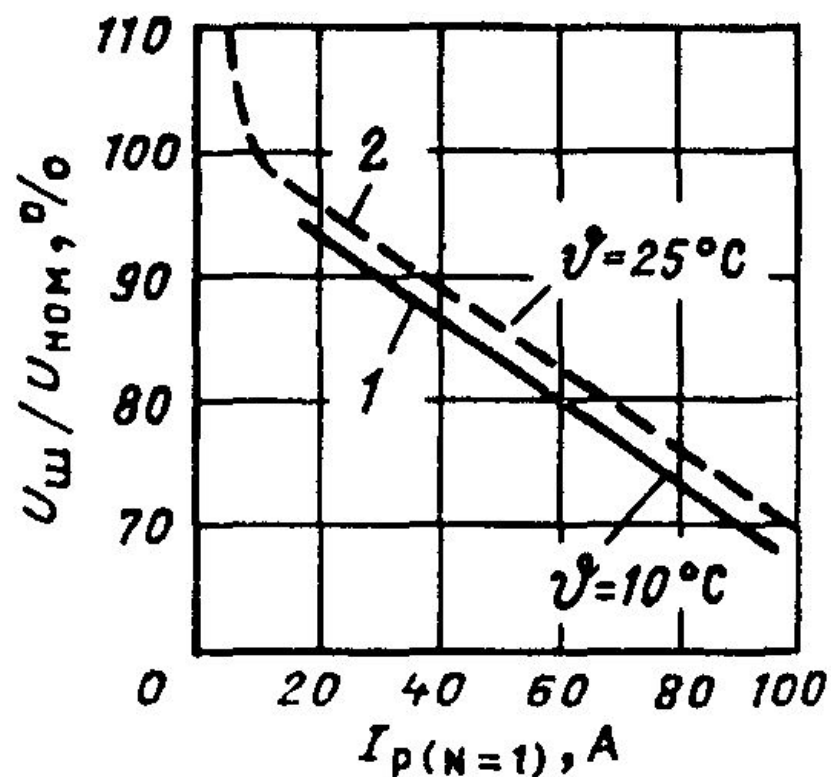
$$U_{\text{ш.доп}} = 80\%$$

для электромагнитов

включения выключателей.

Окончательно выбираем

СК-28



Характеристики аккумулятора СК-1

Время разряда, ч	10	7,5	5	3	2	1
Разрядный ток, А	3,6	4,5	6	9	11	18,5
Ёмкость, А·ч	36	33	30	27	22	18,5

Характеристики аккумулятора СК-28 (все токи умножаем на 28)

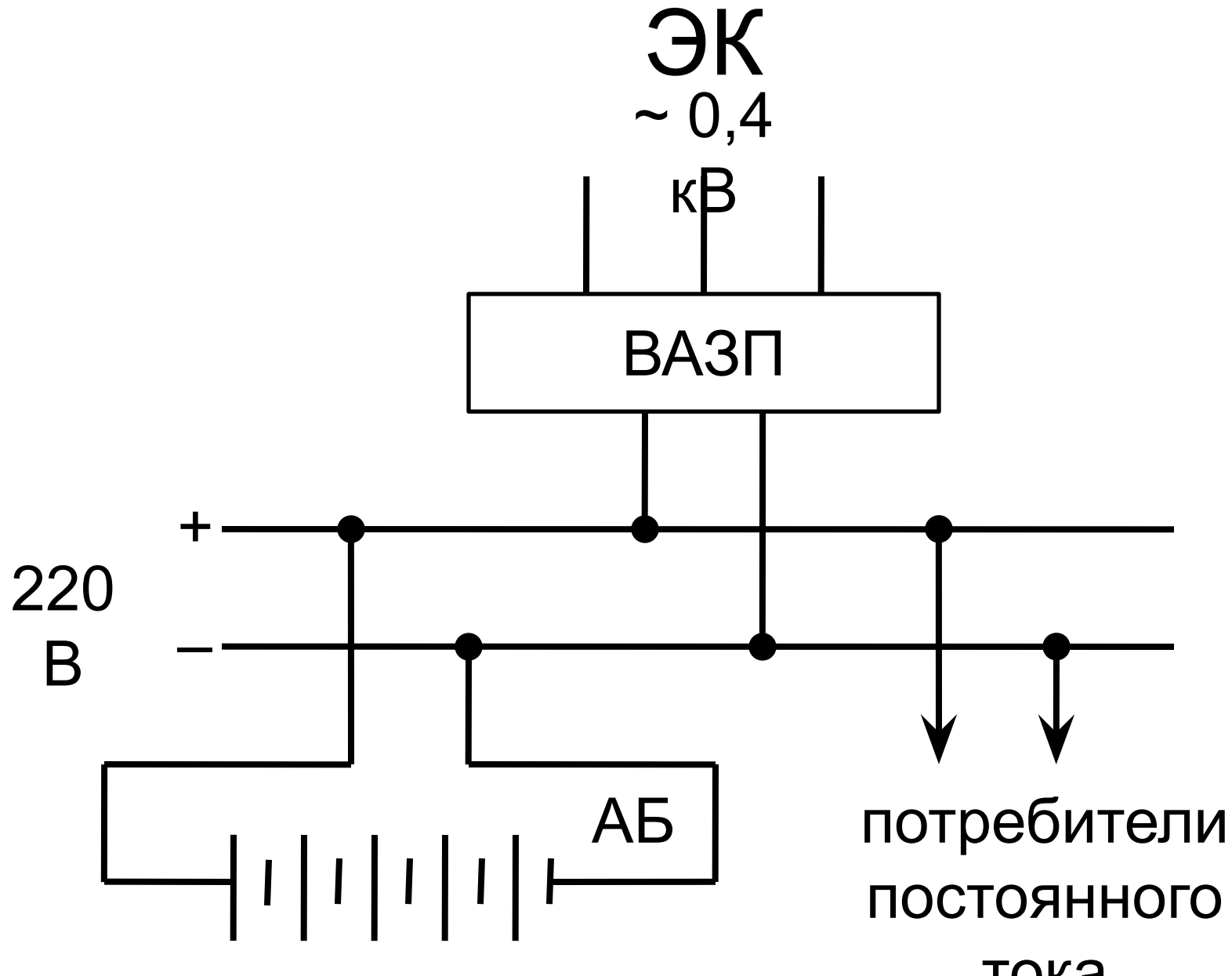
Время разряда, ч	10	7,5	5	3	2	1
Разрядный ток, А	101	126	168	252	308	518
Ёмкость, А·ч	1008	945	840	756	616	518

Далее выбирается схема
включения АБ и количество
элементов в

43. Схемы включения аккумуляторных батарей

- без элементного коммутатора (АЭС);
- с элементарным коммутатором (ТЭС).

1. Схема включения АБ без



Рассмотрим 3 режима:

- постоянный подзаряд;
- заряд;
- аварийный разряд.

1. Постоянный подзаряд

- Это нормальный длительный режим.
- На каждом элементе поддерживается $U_{эл} = 2,2 \text{ В}$.
- Для того, чтобы на шинах было $1,05 \cdot 220 = 231 \text{ В}$, надо соединить последовательно следующее число элементов:
$$n = U_{ш} / U_{эл} = 231 / 2,2 = 105$$
элементов.

Это число неизменно во всех трех

2. Заряд

Это особый режим, длящийся 2-6 часов, который возникает в следующих случаях:

- а) АБ разряжена в аварийном режиме;
- б) Раз в квартал АБ заряжают до повышенных напряжений для предотвращения сульфатации.

При этом допускается заряжать элементы до 2,7 В.

Тогда в конце заряда напряжение на шинах будет равно:

$$U_{ш} = 2,7 \cdot 105 = 284 \text{ В (120 \% от } U_{ном} = 220 \text{ В)}$$

3. Аварийный разряд

Это аварийный режим, длящийся 0,5 часа, который возникает при обесточивании.

При этом допускается раззаряжать элементы до 1,75 В.

Тогда в конце разряда напряжение на шинах будет равно:

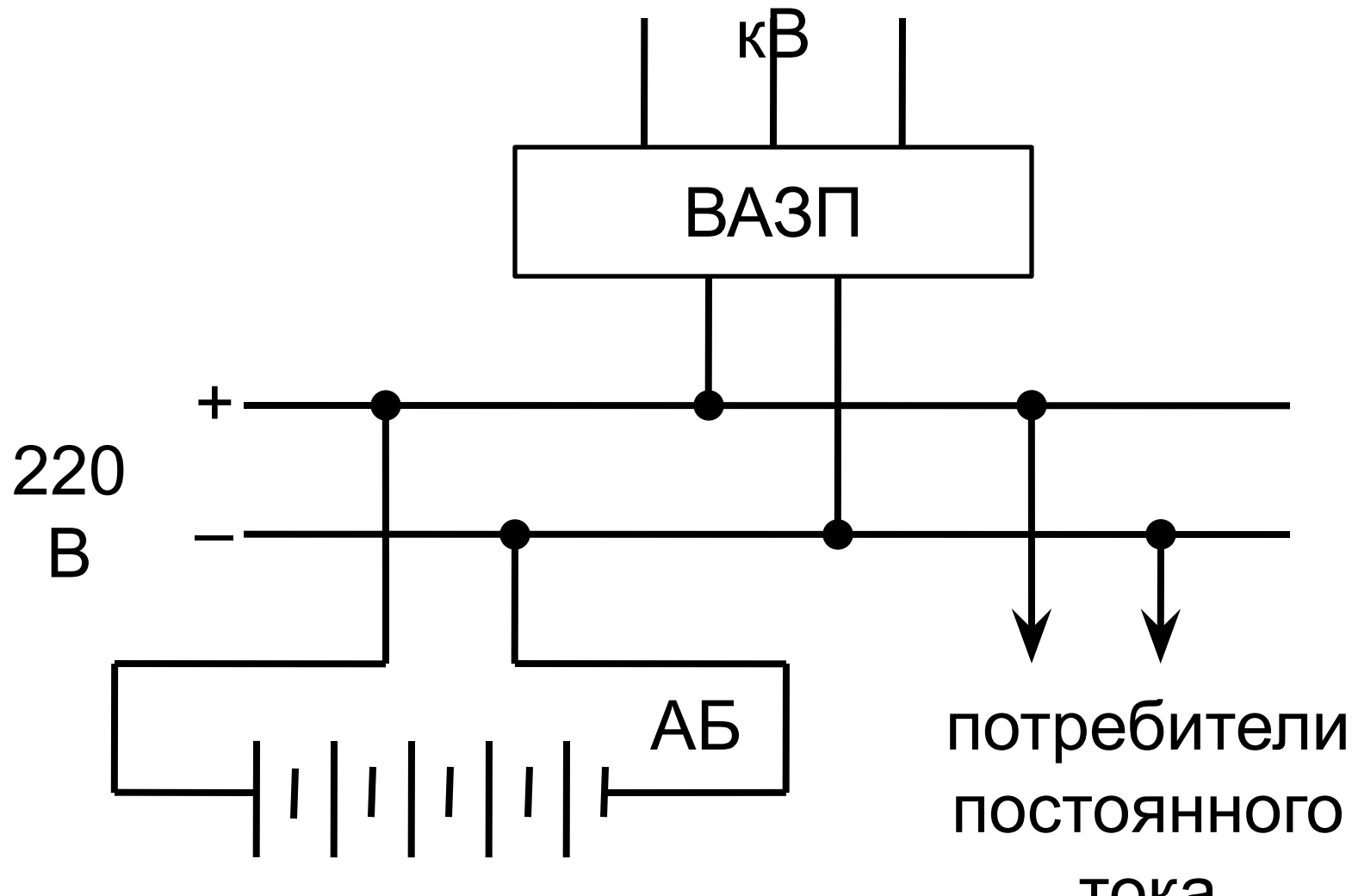
$$U_{ш} = 1,75 \cdot 105 = 184 \text{ В (84 \% от } U_{ном} = 220 \text{ В)}$$

43. Схемы включения аккумуляторных батарей

- без элементного коммутатора (АЭС);
- с элементарным коммутатором (ТЭС).

1. Схема включения АБ без

ЭК
~ 0,4



Рассмотрим 3 режима:

- постоянный подзаряд;
- заряд;
- аварийный разряд.

① Постоянный подзаряд

- Это нормальный длительный режим.
- На каждом элементе поддерживается $U_{эл} = 2,2 \text{ В}$.
- Для того, чтобы на шинах было $1,05 \cdot 220 = 231 \text{ В}$, надо соединить последовательно следующее число элементов:
$$n = U_{ш} / U_{эл} = 231 / 2,2 = 105$$
элементов.

Это число неизменно во всех трех

②Заряд

Это особый режим, длящийся 2-6 часов, который возникает в следующих случаях:

- а) АБ разряжена в аварийном режиме;
- б) Раз в квартал АБ заряжают до повышенных напряжений для предотвращения сульфатации.

При этом допускается заряжать элементы до 2,7 В.

Тогда в конце заряда напряжение на шинах будет равно:

$$U_{ш} = 2,7 \cdot 105 = 284 \text{ В (120 \% от } U_{ном} = 220 \text{ В)}$$

③ Аварийный разряд

Это аварийный режим, длящийся 0,5 часа, который возникает при обесточивании.

При этом допускается разряжать элементы до 1,75 В.

Тогда в конце разряда напряжение на шинах будет равно:

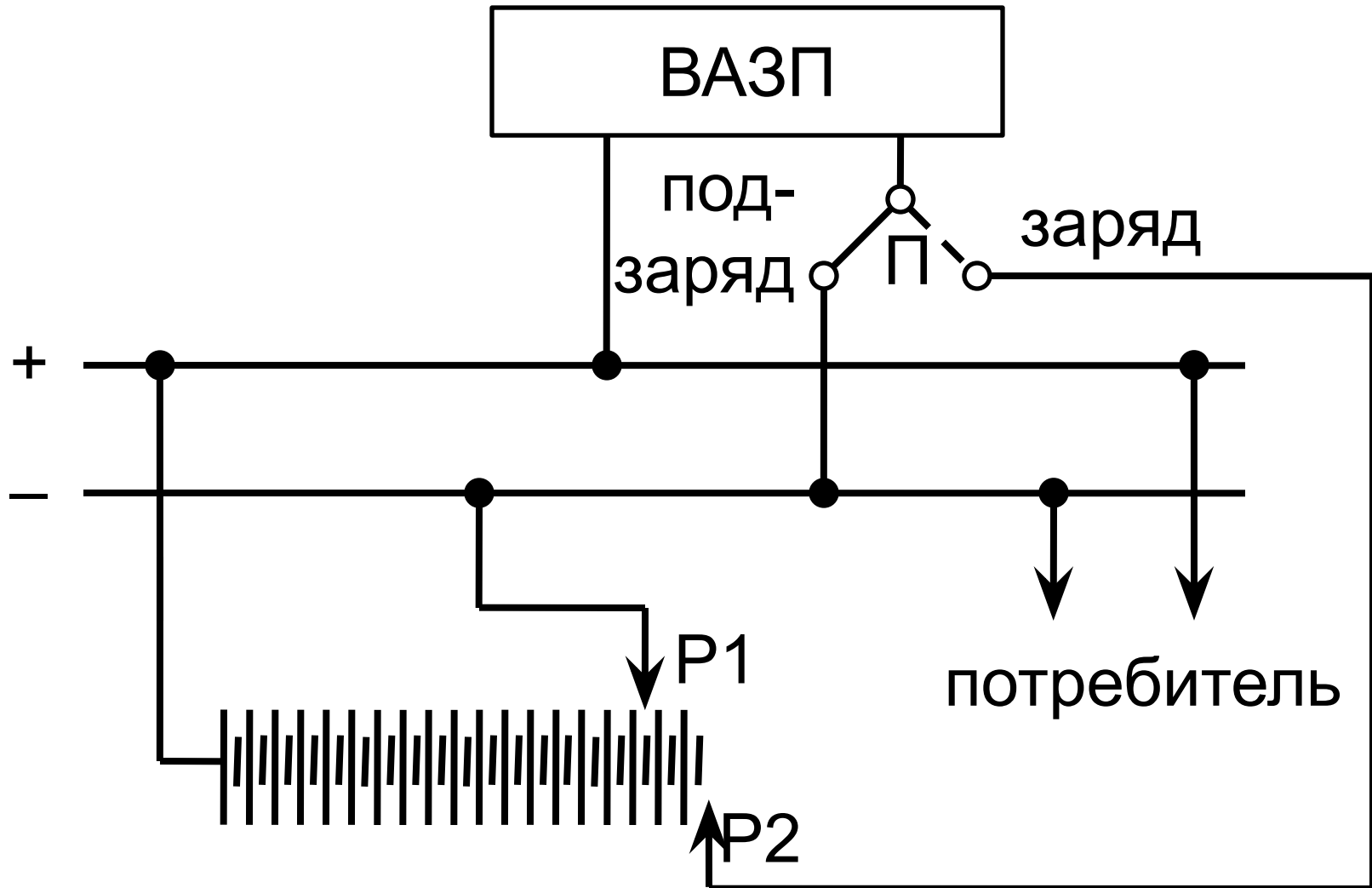
$$U_{\text{ш}} = 1,75 \cdot 105 = 184 \text{ В (84 \% от } U_{\text{ном}} = 220 \text{ В)}$$

- Такие колебания напряжения (84...129) % неприемлемы для ряда электроприемников постоянного тока, например, для сигнальных ламп и катушек электромагнитных приводов выключателей.
- Поэтому включение АБ без ЭК используется только в составе агрегатов бесперебойного питания (АБП) на **атомных электростанциях**, где необходимое напряжение поддерживается благодаря быстродействующему регулированию автономных инверторов.

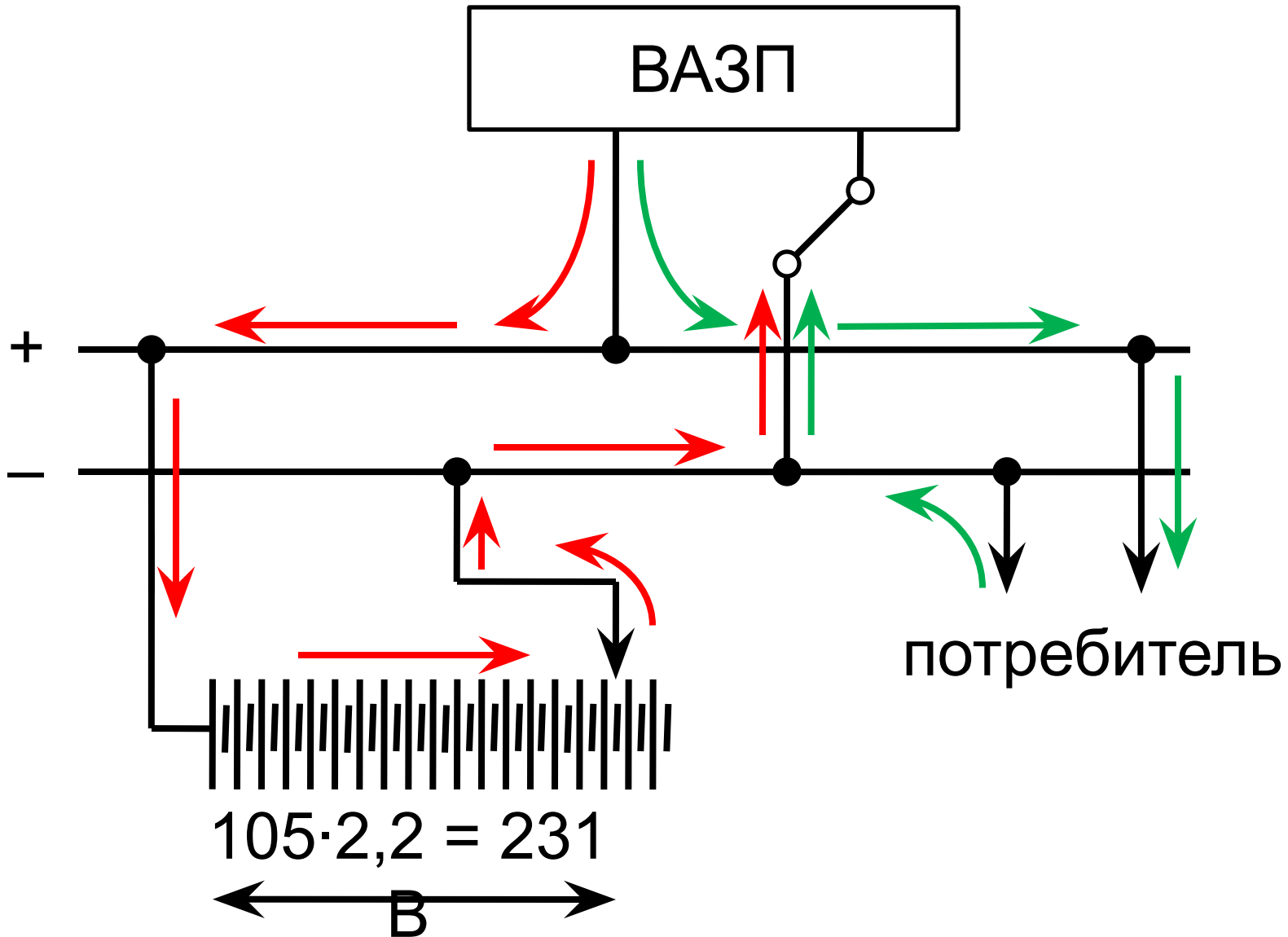
Для наиболее ответственных механизмов:

- на ТЭС применяются двигатели постоянного тока,
- на АЭС применяются АЭД с КЗР (в основном).
- На **тепловых электростанциях** такую схему не применяют.

2. Схема включения АБ с ЭК



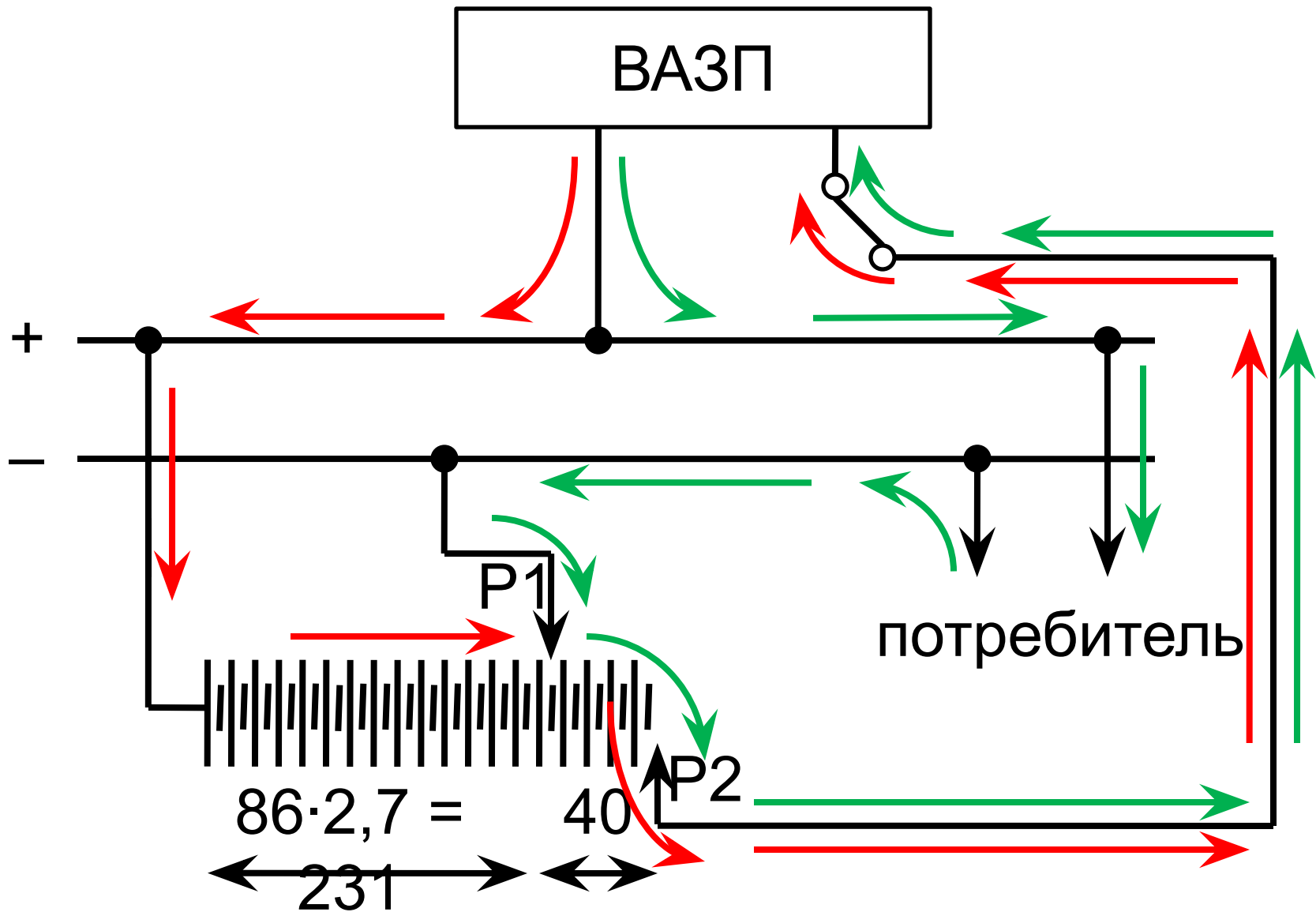
① Постоянный подзаряд



① Постоянный подзаряд

- При постоянном подзаряде рекомендуется поддерживать 2,2 В на элемент и 231 В на шинах постоянного тока.
- Для этого надо включить следующее число элементов:
$$n = 231 / 2,2 = 105 \text{ эл.}$$
- Этому числу соответствует положение рукоятки Р1, которая при постоянном подзаряде неподвижна.

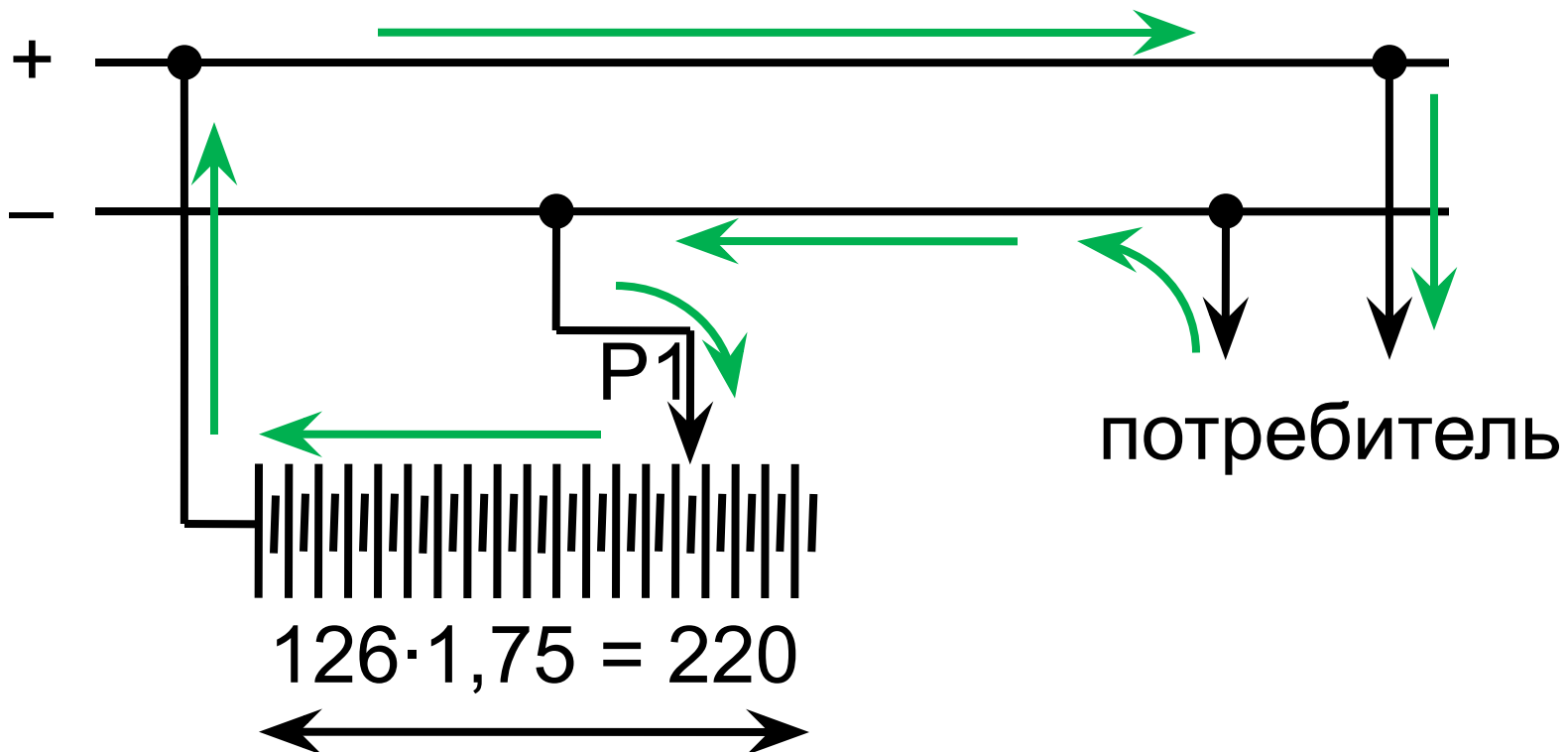
②Заряд



②Заряд

- При заряде напряжение на элементах повышается. Максимально допустимое напряжение 2,7 В на элемент.
- Исходя из этого напряжения выбирают число **ОСНОВНЫХ** элементов:
- $n_{\text{осн}} = 231 / 2,7 = 86$ эл.
- Для поддержания неизменного напряжения на шинах, рукоятку Р1 постепенно перемещают влево.
- Постепенно перемещают влево и рукоятку Р2, т.к. аккумуляторы между Р1 и Р2 заряжаются раньше остальных.
- В конце заряда Р1, Р2 стоят в крайнем левом положении, т.е. на 86-м элементе.

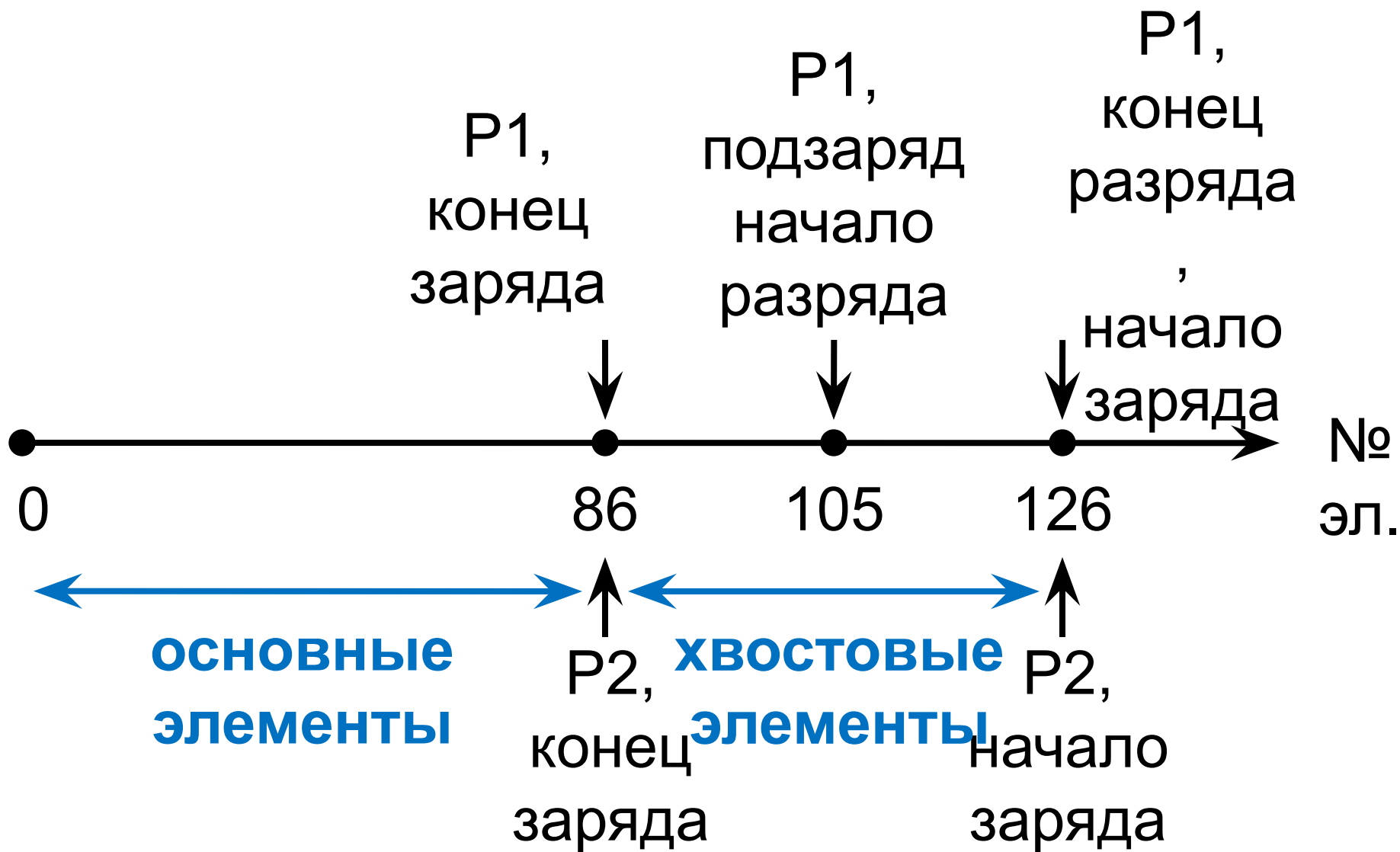
③ Аварийный разряд



③ Аварийный разряд

- При аварийном разряде напряжение на элементах уменьшается. Минимально допустимое напряжение 1,75 В на элемент.
- При аварийном разряде допускается иметь на шинах напряжение 220 В (а не 231 В, как в остальных режимах).
- Отсюда определяется **суммарное** число элементов:
$$n_{\Sigma} = 220 / 1,75 = 126 \text{ эл.}$$
- Из них 86 **основных** элементов.
- Остальные $126 - 86 = 40$ элементов называют **хвостовыми**.

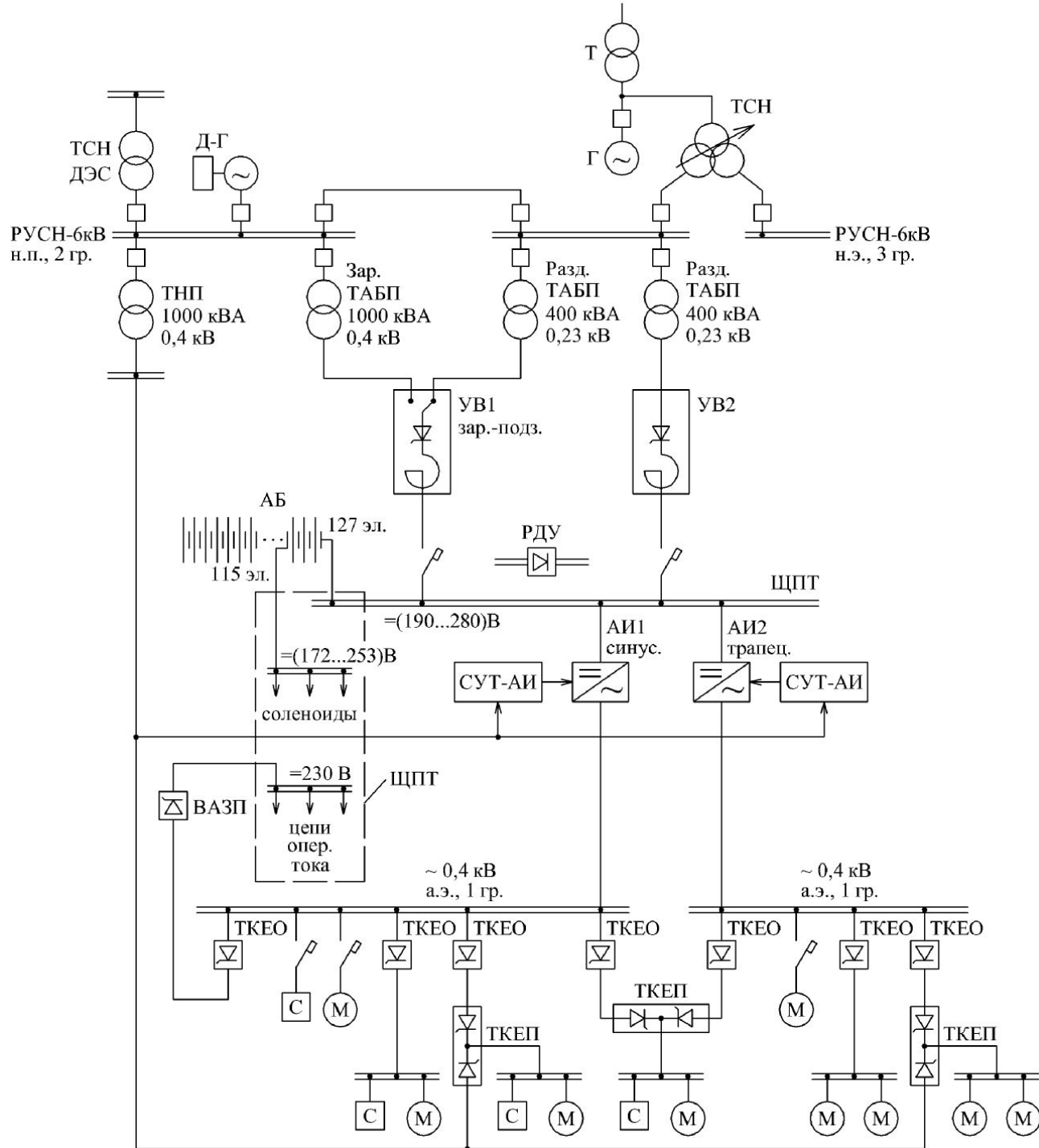
Положение рукояток P1, P2

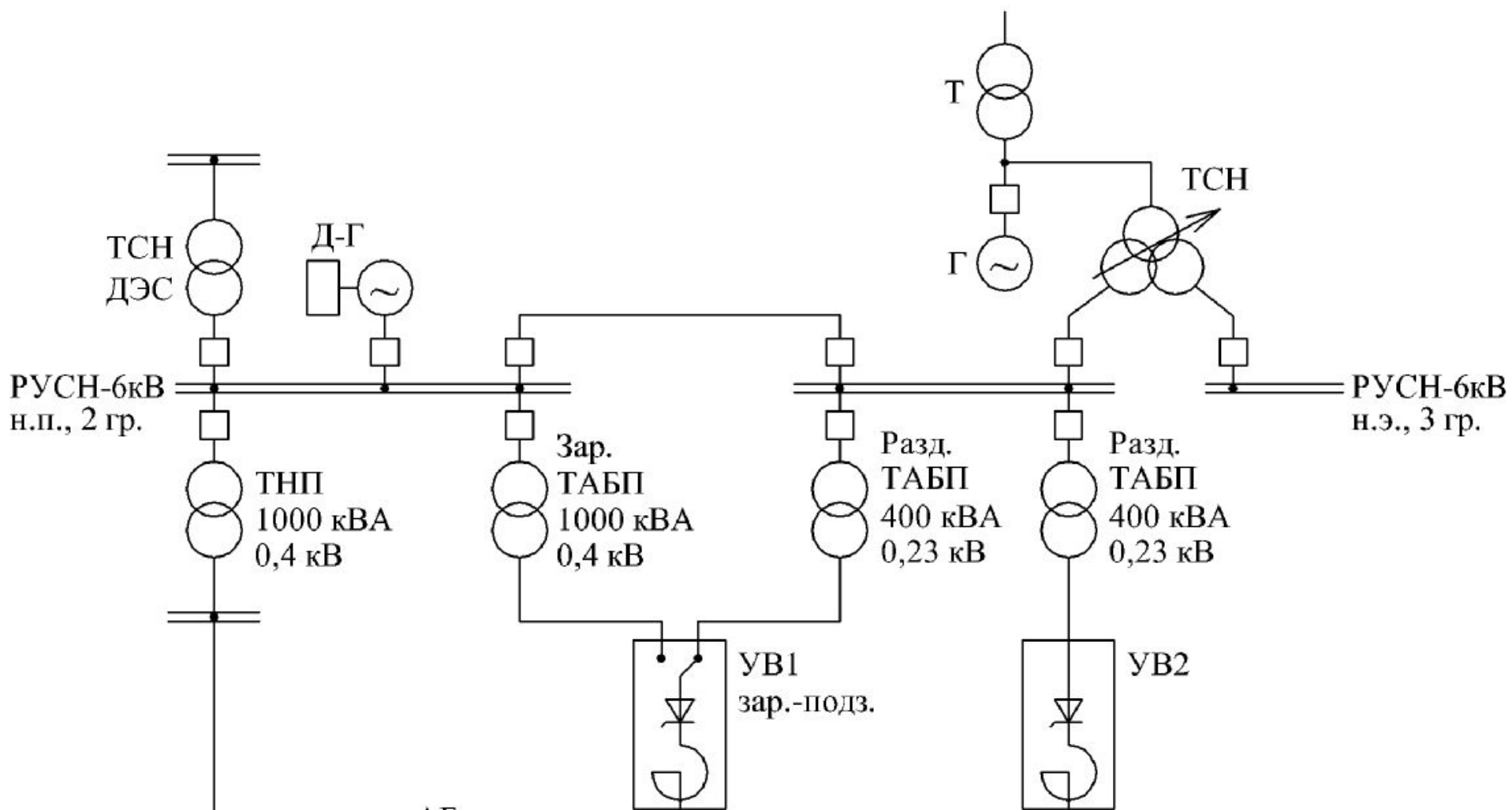


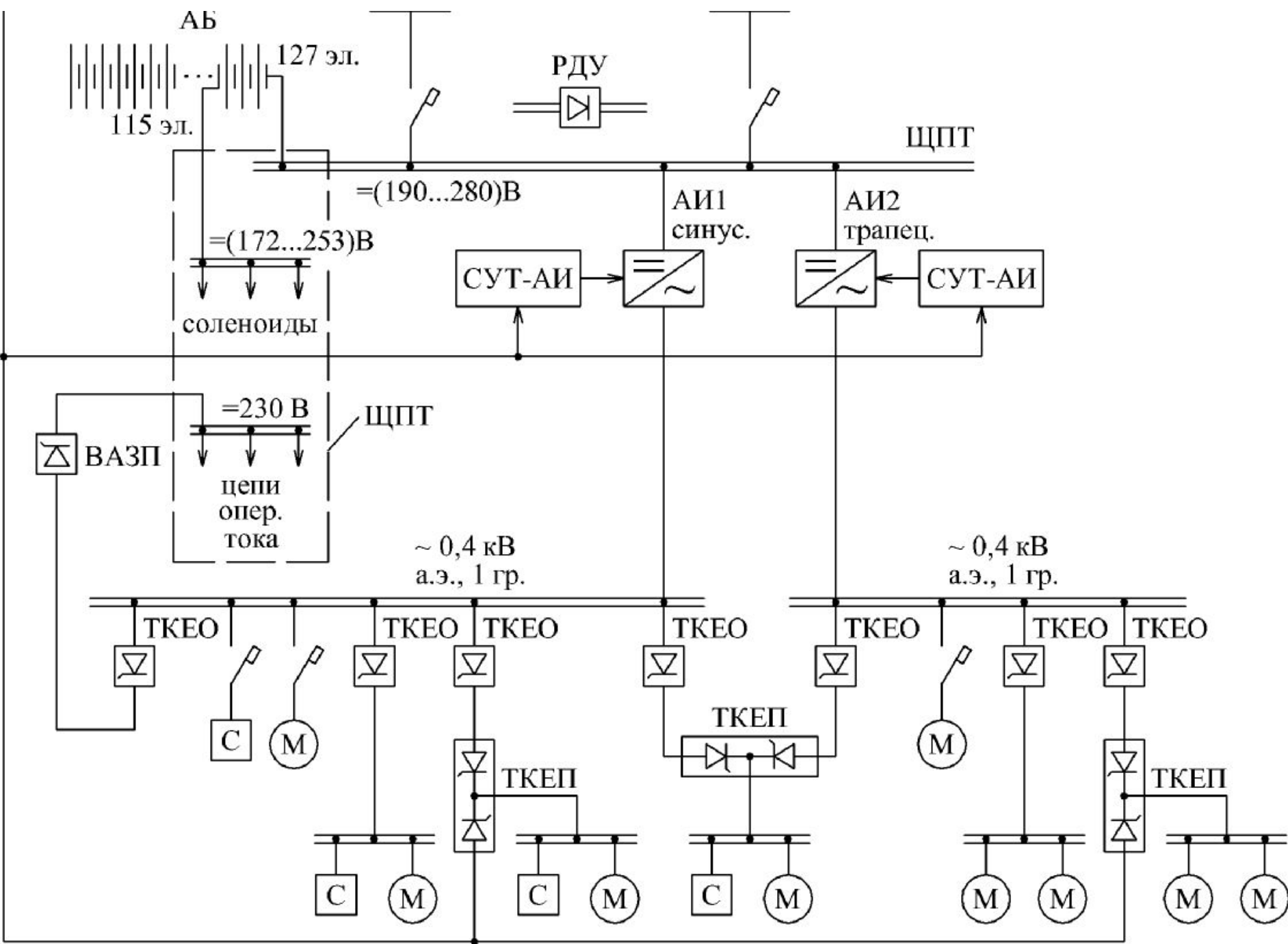
44. Статические агрегаты бесперебойного питания

Статические АБП предназначены для:

- питания потребителей I группы СН АЭС электроэнергией постоянного и переменного тока в нормальном и аварийном режиме;
- подзаряда аккумуляторных батарей в нормальном режиме.







Обозначения на схеме

АБП – агрегат бесперебойного питания;

Д-Г – дизель-генератор;

ТСН ДЭС – трансформатор собственных нужд дизельной электростанции;

ТАБП – зарядные и разделительные трансформаторы АБП;

УВ – управляемый выпрямитель;

АИ – автономный инвертор;

СУТ-АИ – система управления тиристорами АИ;

АБ – аккумуляторная батарея;

ЩПТ – щит постоянного тока;

ТКЕО – тиристорные коммутаторы с естественной коммутацией отключающие;

ТКЕП – тиристорные коммутаторы с естественной коммутацией переключающие;

М – электродвигатели;

С – синусоидальная неподвижная нагрузка;

ВАЗП – выпрямительный агрегат зарядно-подзарядный;

РДУ – разделительное диодное устройство;

н.э. – система нормальной эксплуатации;

н.п. – система надежного питания;

а.э. – система аварийного электроснабжения.

45. Обратимые двигатель- генераторы

ОДГ – это динамический аналог АБП.

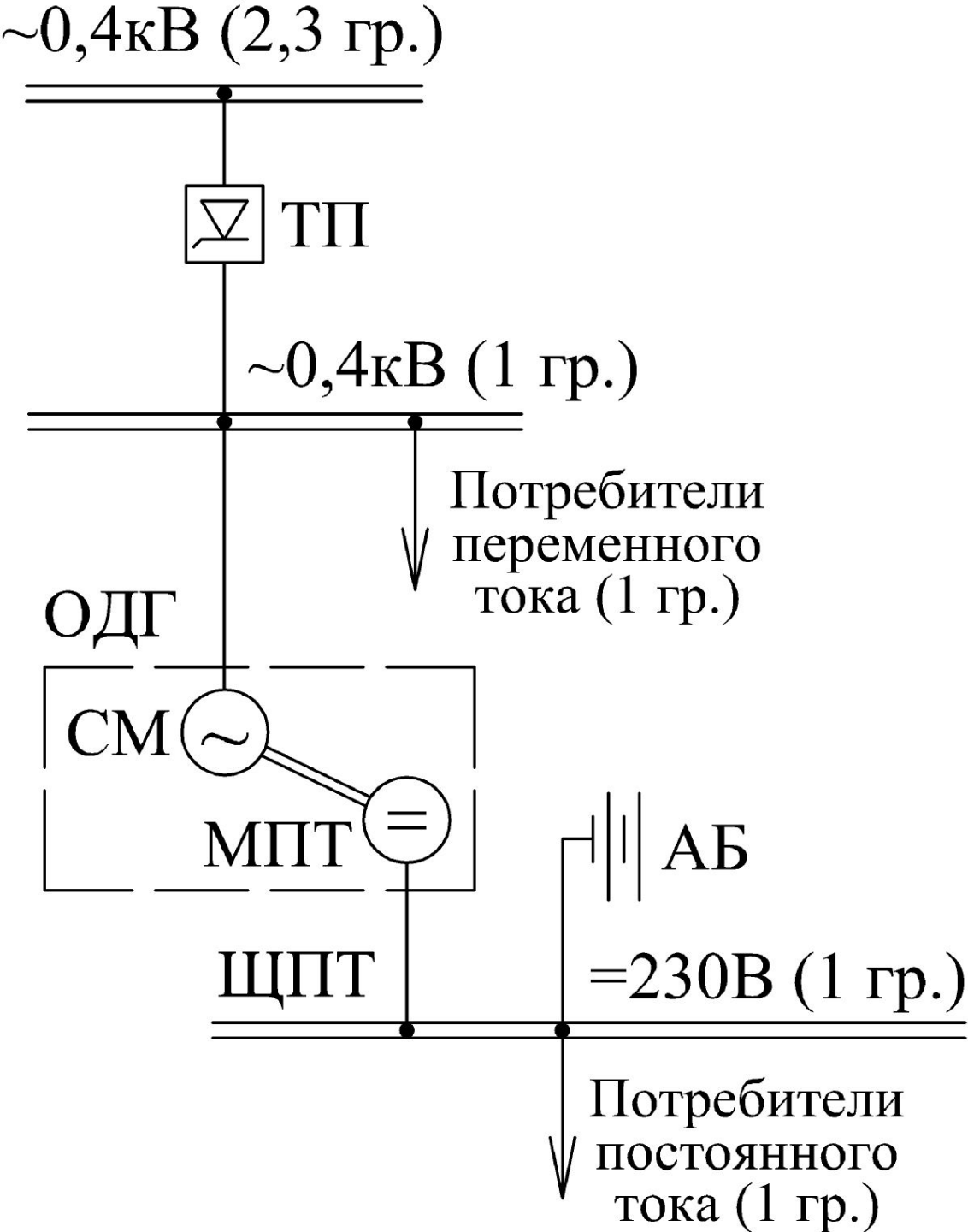
Схема с ОДГ, в отличие от схемы с АБП, имеет ряд недостатков, неоднократно приводящих к нарушениям работы АЭС:

- инерционность регулирования ОДГ;
- длительность возврата ОДГ в выпрямительный режим;
- различие требований по качеству напряжения, реализуемых ОДГ, и требований щита СУЗ.

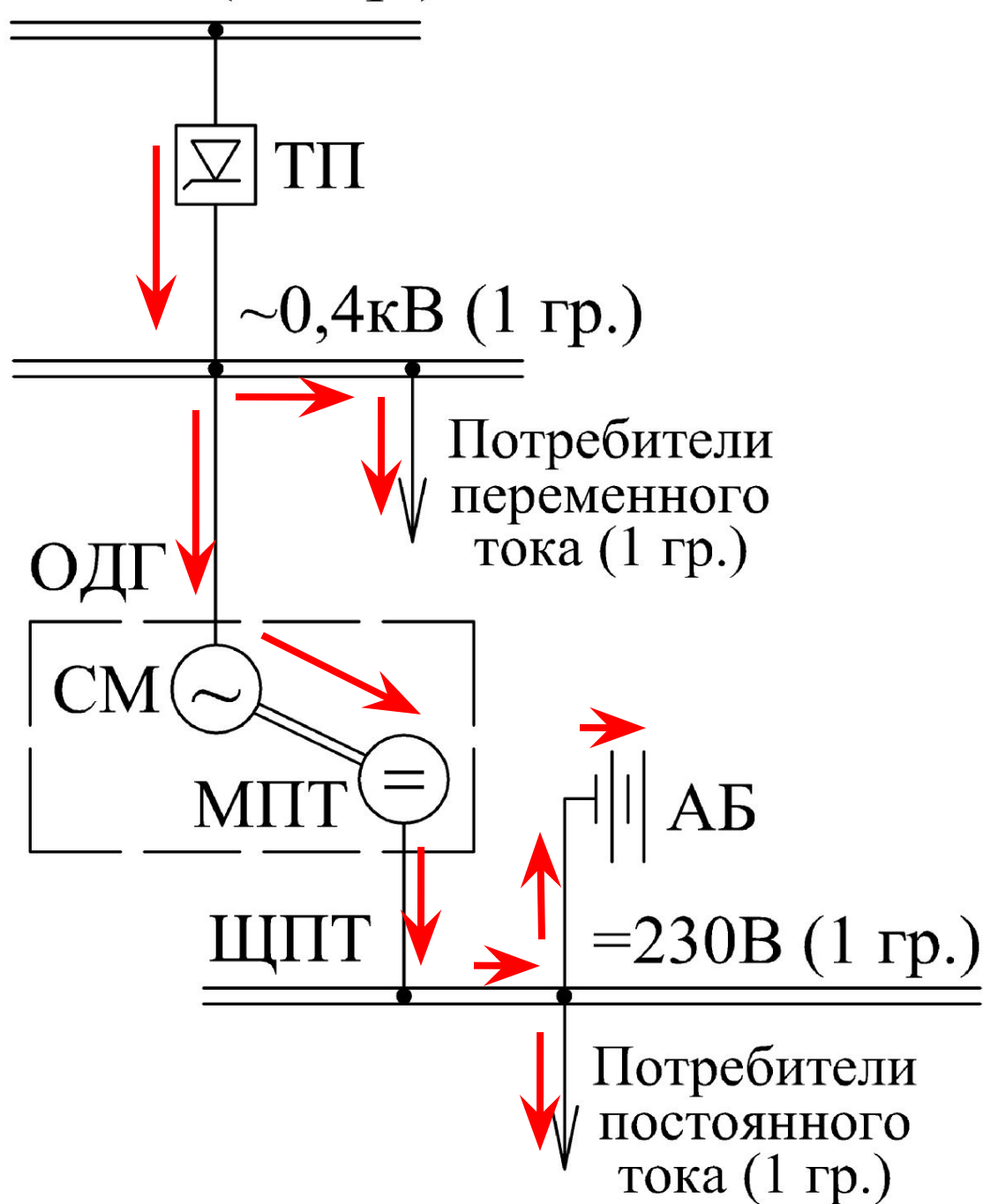
Эти недостатки проявляются при инвертировании ОДГ и последующем переходе в выпрямительный режим.

Поэтому в настоящее время существует тенденция перехода на статические АБП.

Схема ОДГ



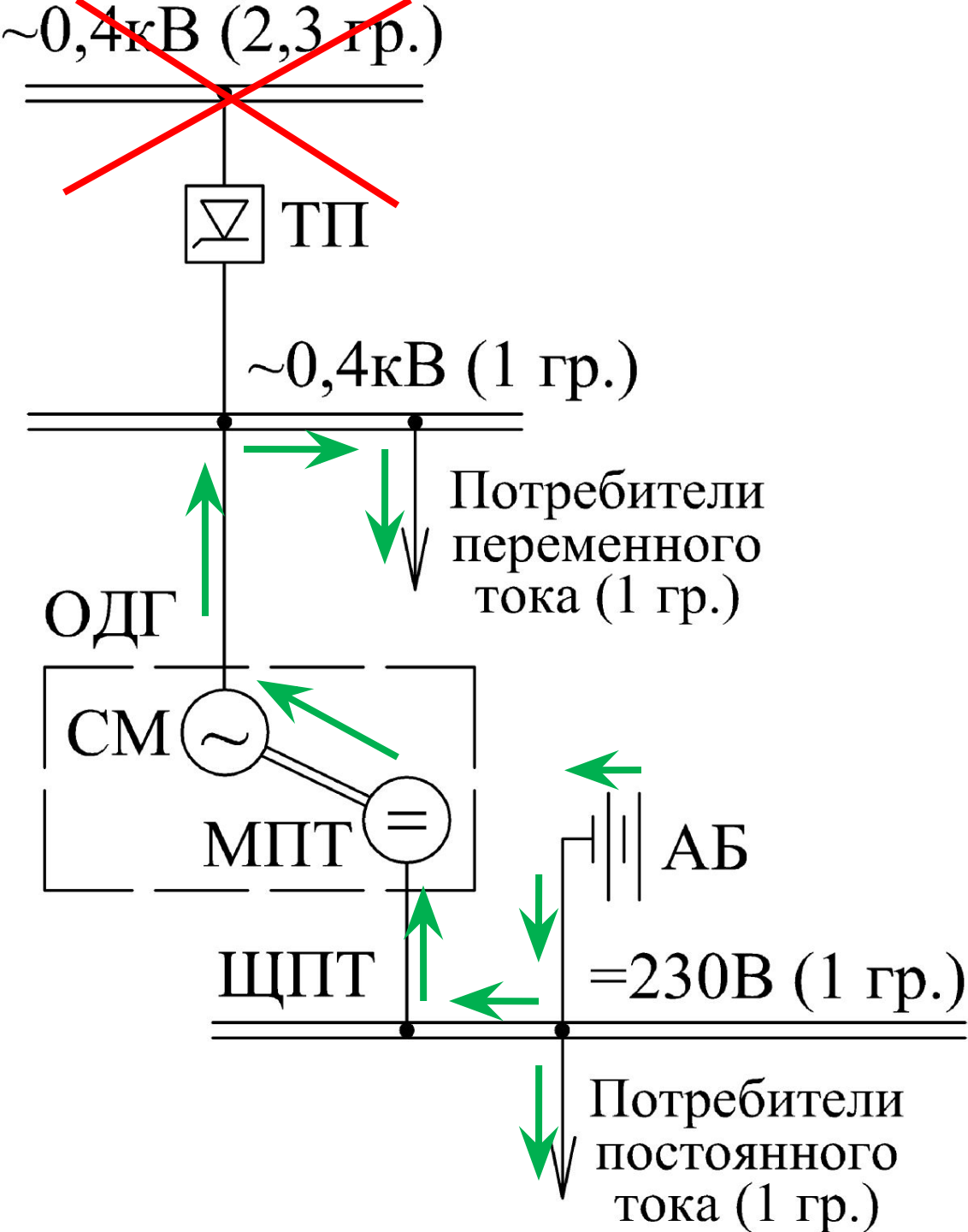
$\sim 0,4\text{кВ}$ (2,3 гр.)



Режим
подзаряда
и заряда

СМ –
двигатель

МПТ –
генератор



Режим
аварийного
разряда

СМ –
генератор

МПТ –
двигатель