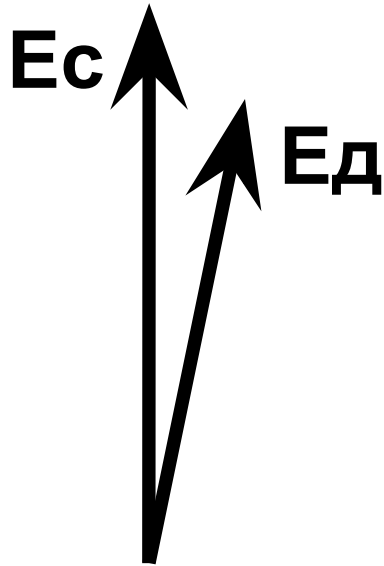


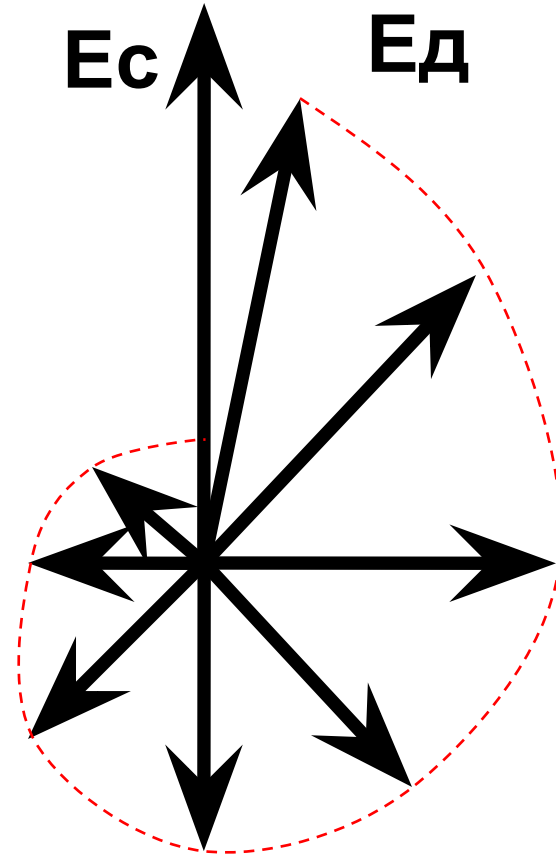
# 35. Противофазное включение двигателей СН в момент восстановления питания

- 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 $E_c$ )

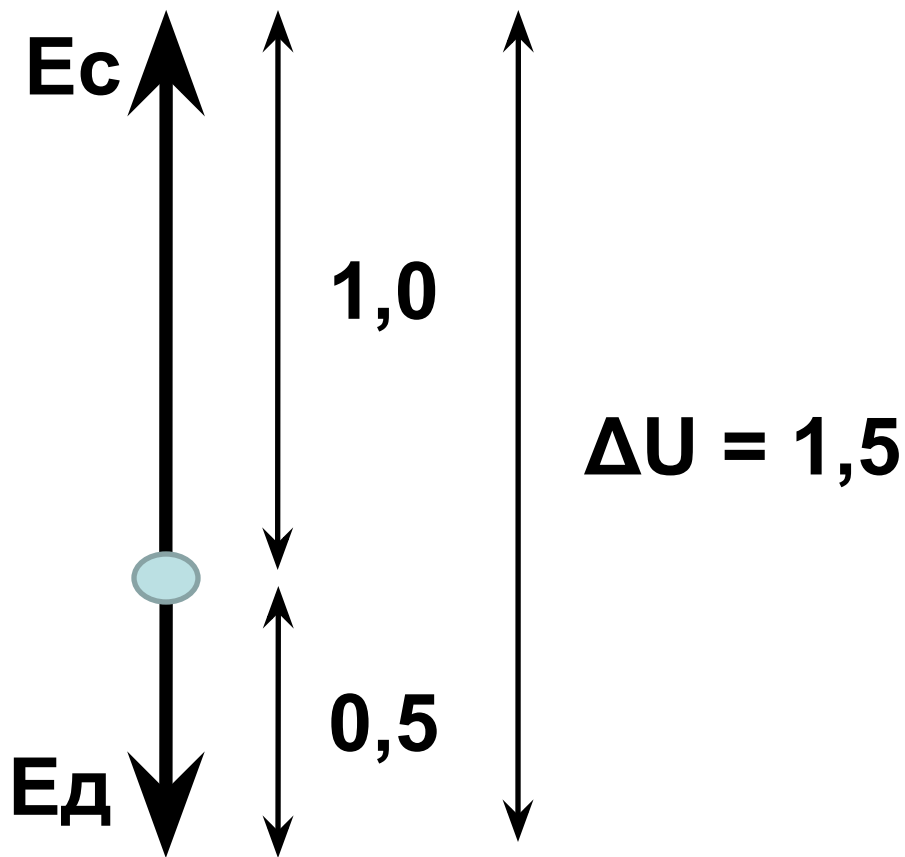


**до перерыва  
питания**

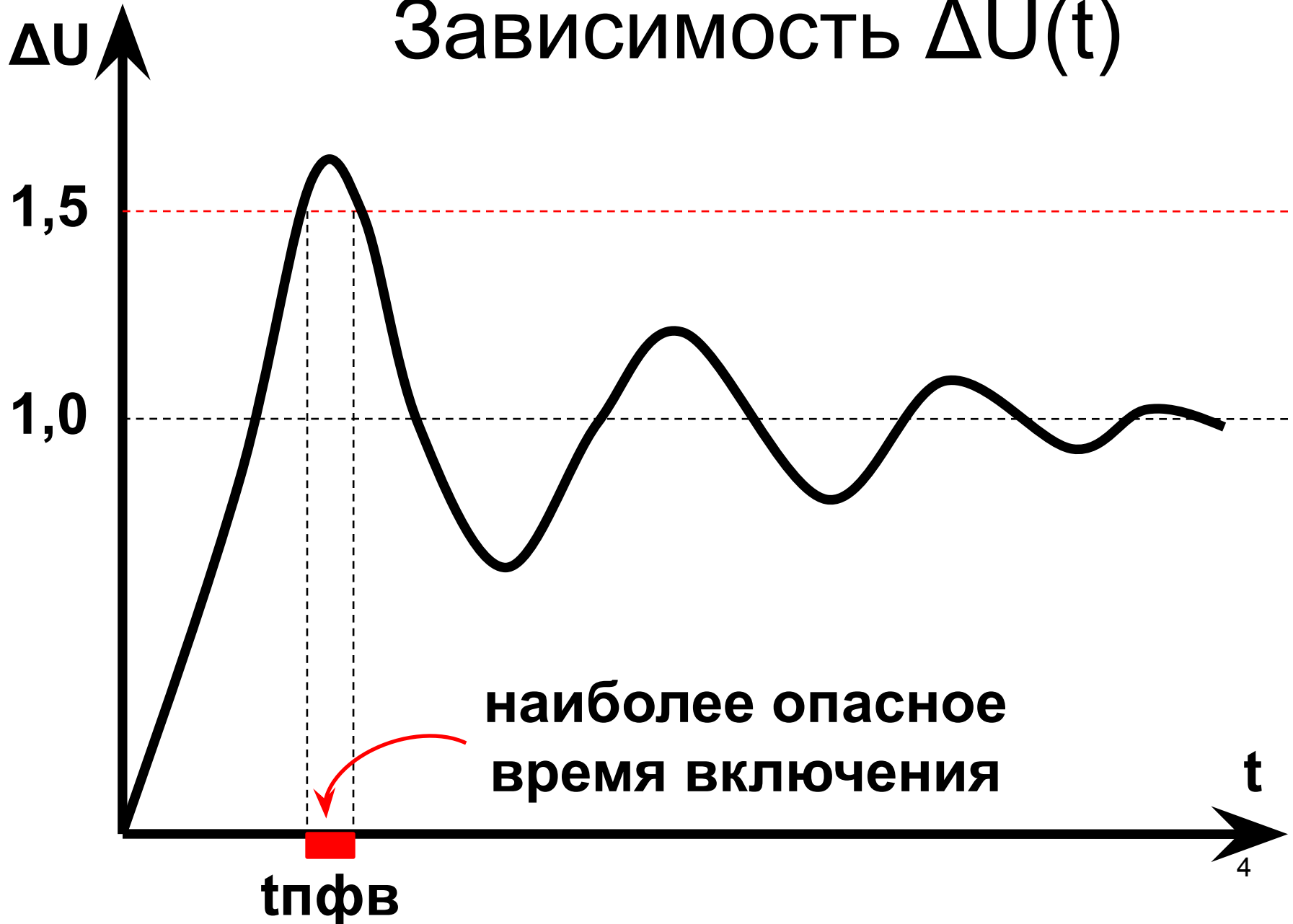


**в течение  
перерыва питания**

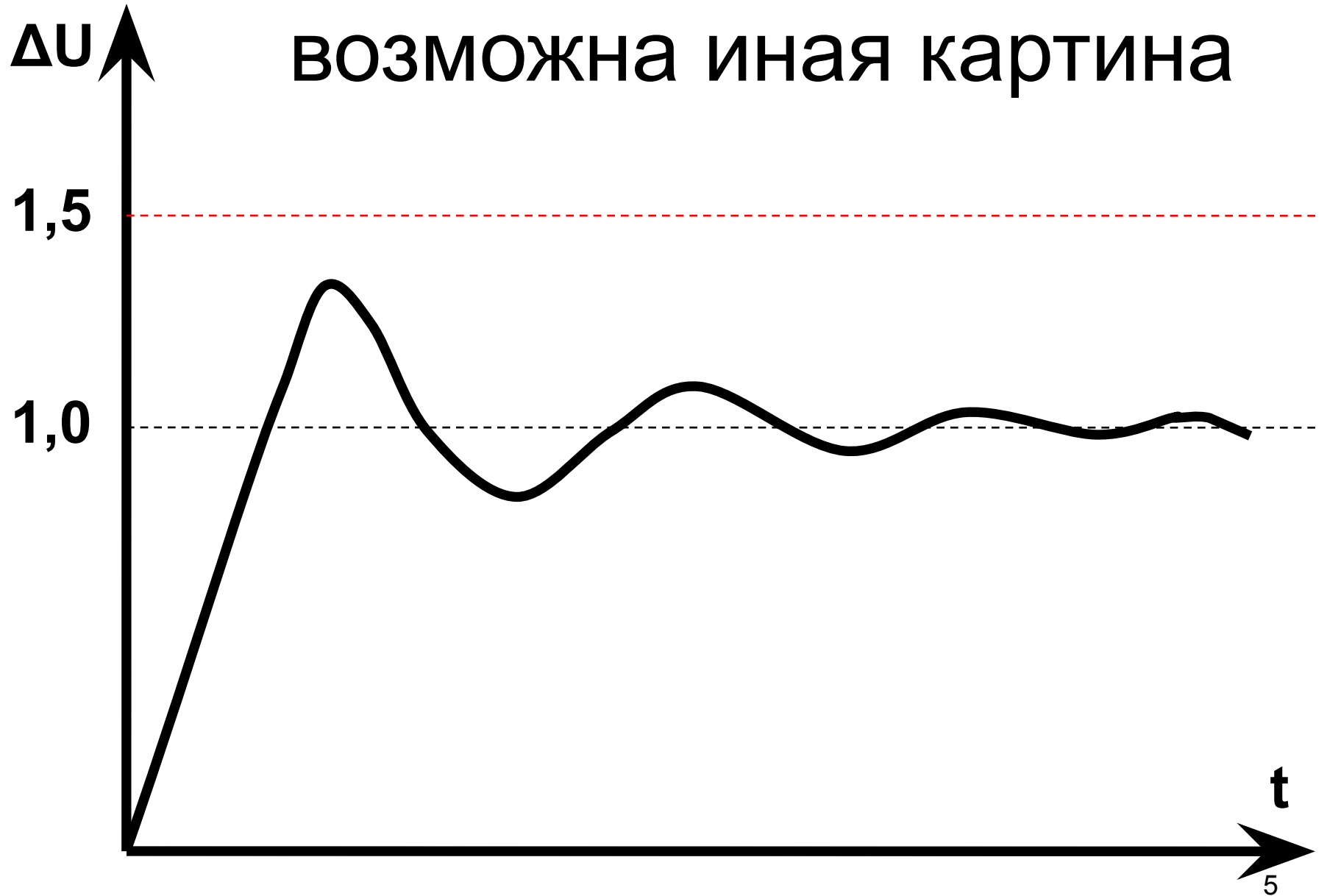
Считается, что ПФВ опасно,  
когда  $E_c + E_d > 1,5$  о.е.,  
т.е.  $E_d > 0,5$  о.е. в момент ПФВ



# 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 самозапуска 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.



# 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:

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

где пусковая мощность каждого двигателя  $l$ -й  
ступени равна:

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

# 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:

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

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

$$\Delta t_i = \frac{T_{jвыб*}}{M_{изб i*}} \Delta n_{i*} \quad n_* = 1 + s$$

Задаваясь приращением частоты  $\Delta n_i$ , находят приращение по времени  $\Delta t_i$ , 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. 22

# 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<sub>зап</sub>**);
- б) расширения отсеченного объема пара между стопорным клапаном и турбиной (**T<sub>отс</sub>**).

# 1) Расчет из исходного генераторного режима

Мощность турбины в зависимости от времени моделируется так:

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

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

где  $P_{\text{турб}0}$  – 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);

$P_v$  – 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):

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

Потери на вентиляцию:

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

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

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

Потери на трение:

$$P_{тр} = (P_{тр.оп0}^m + P_{тр.оп0}^2) n_* + P_{тр.уп0}^m n_*^{1,5}$$

где  $P_{тр.оп0}^m$  – мощность потерь на трение в опорных подшипниках турбины в исходном режиме;

где  $P_{тр.оп0}^2$  – мощность потерь на трение в опорных подшипниках генератора в исходном режиме;

где  $P_{тр.уп0}^m$  – 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:

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

Избыточный момент:

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

5) Задаваясь приращением  $\Delta n_i$ , 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  $\Delta n_i$  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  $\Delta n_i$  с (+) на (-).

Этот момент соответствует максимуму функции  $n_{\text{max}}$ .

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  $Q = n$ ;

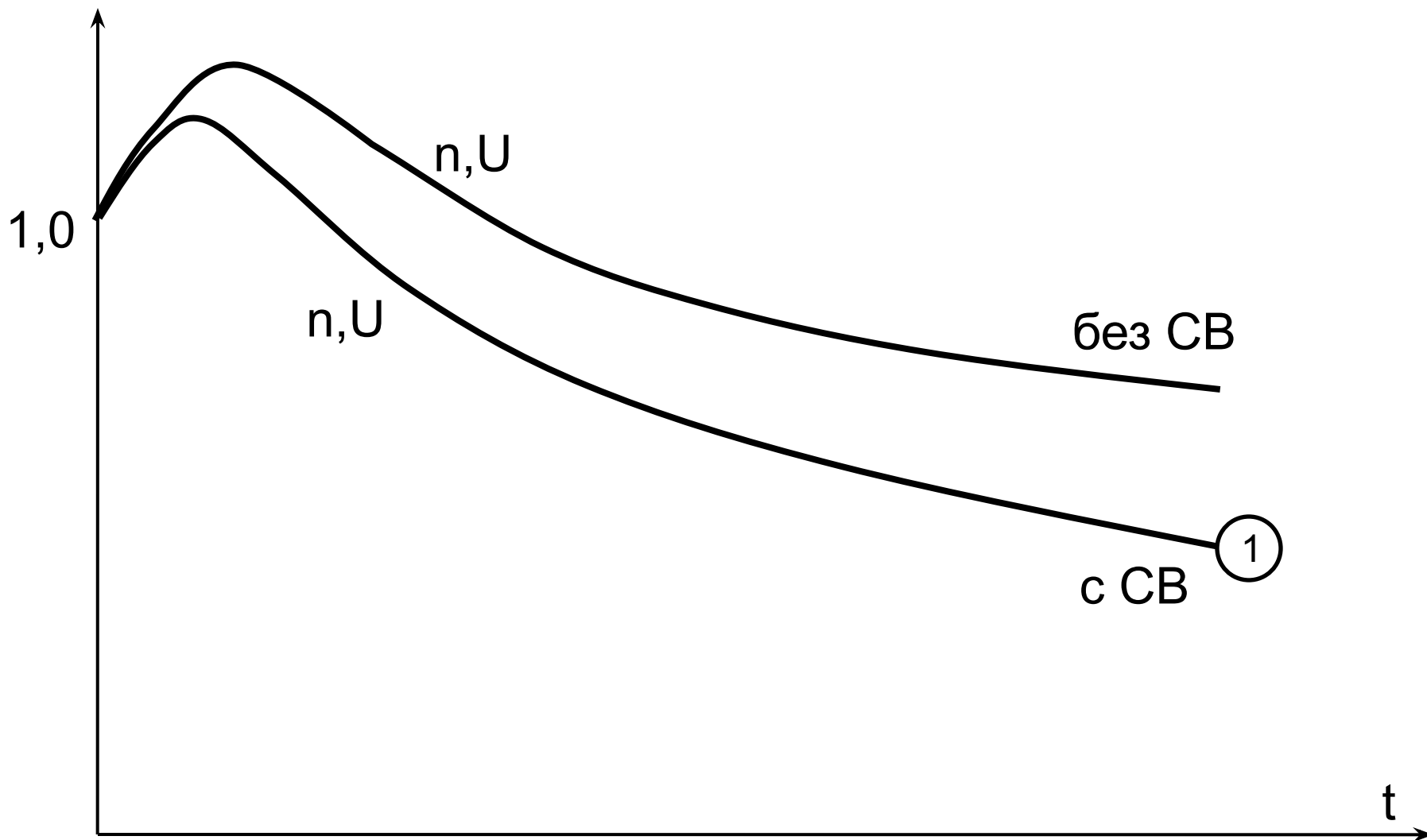
- для механизмов с противодействием:

$$Q_* = \left( \frac{n_{кл*} - n_*}{n_{кл*} - 1} \right)^{P_3} \quad P_3 = \frac{1}{\frac{\ln M_{кл*}}{\ln n_{кл*}} - 1}$$

# 40. Результаты расчета совместного выбега

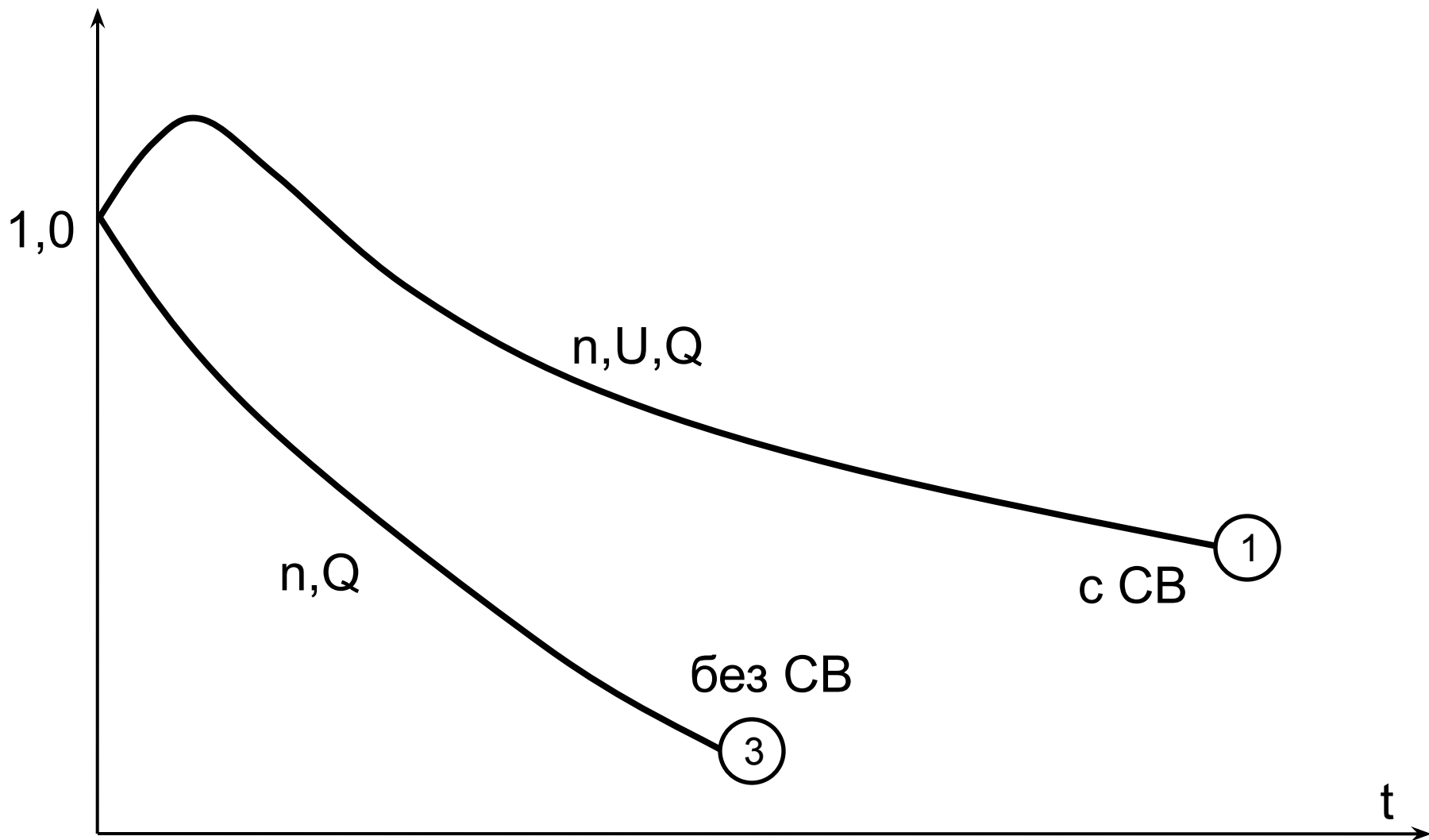
В результате расчета СВ получаем графики зависимостей:

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

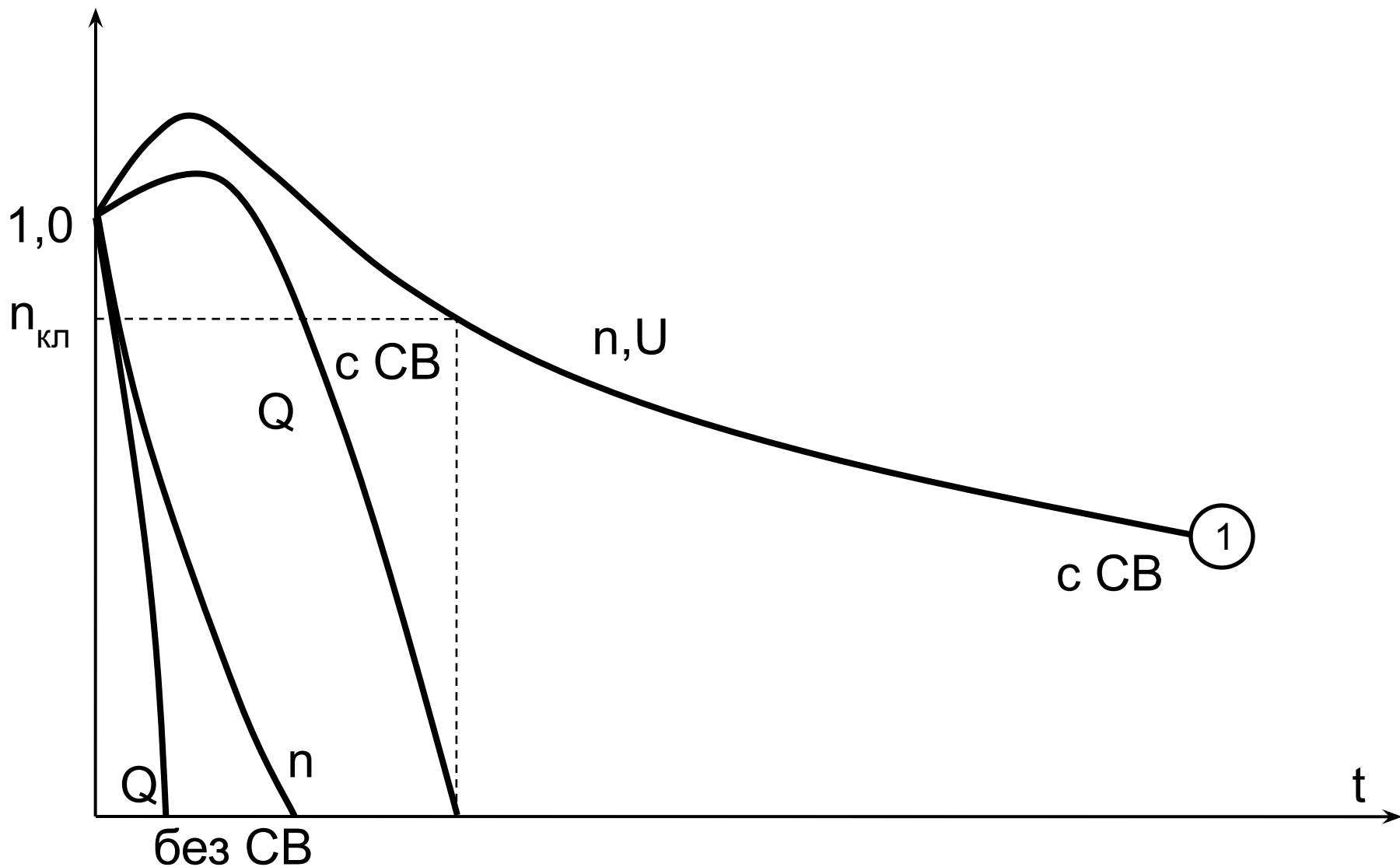


Зависимости для генератора  
 Выбег из генераторного режима

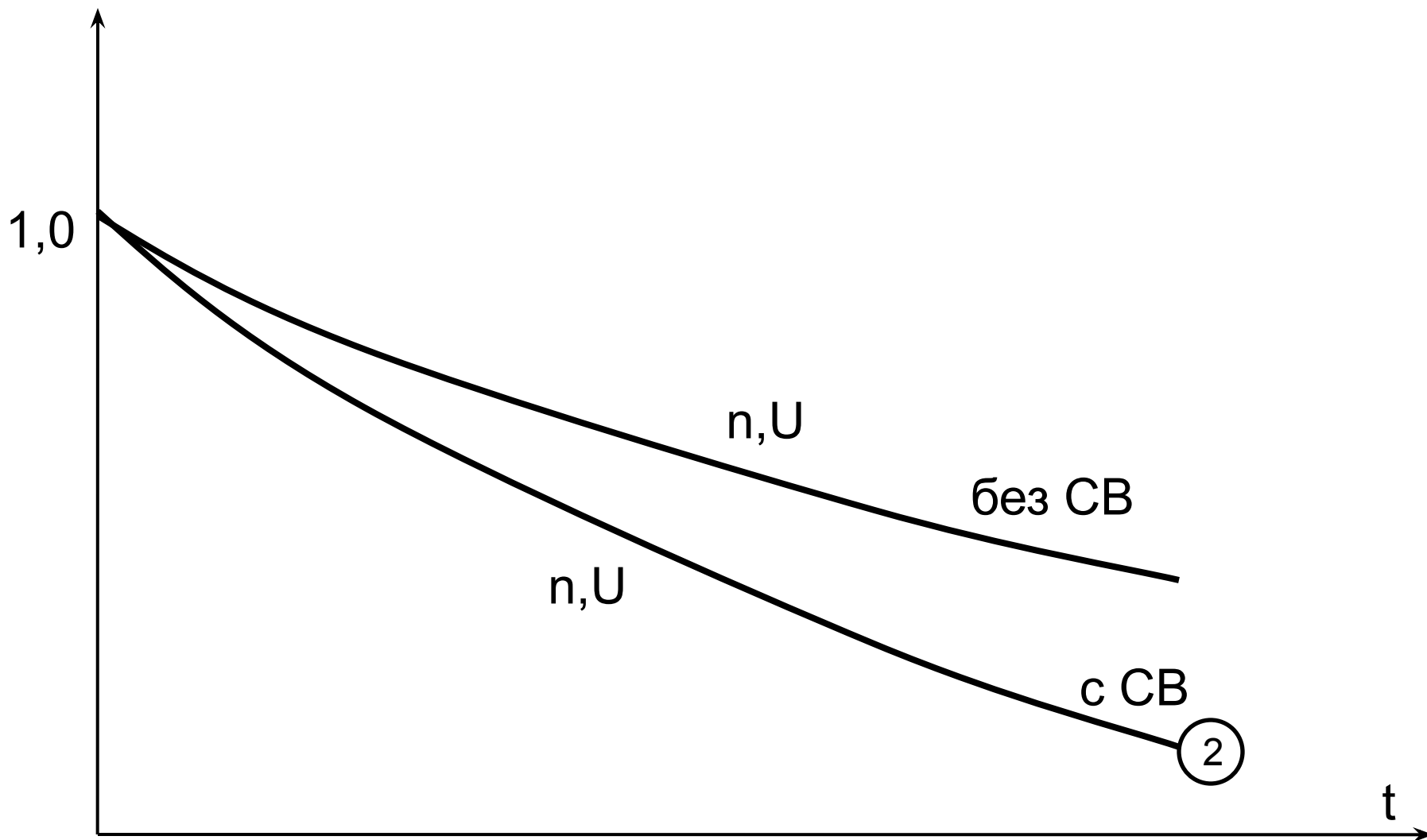




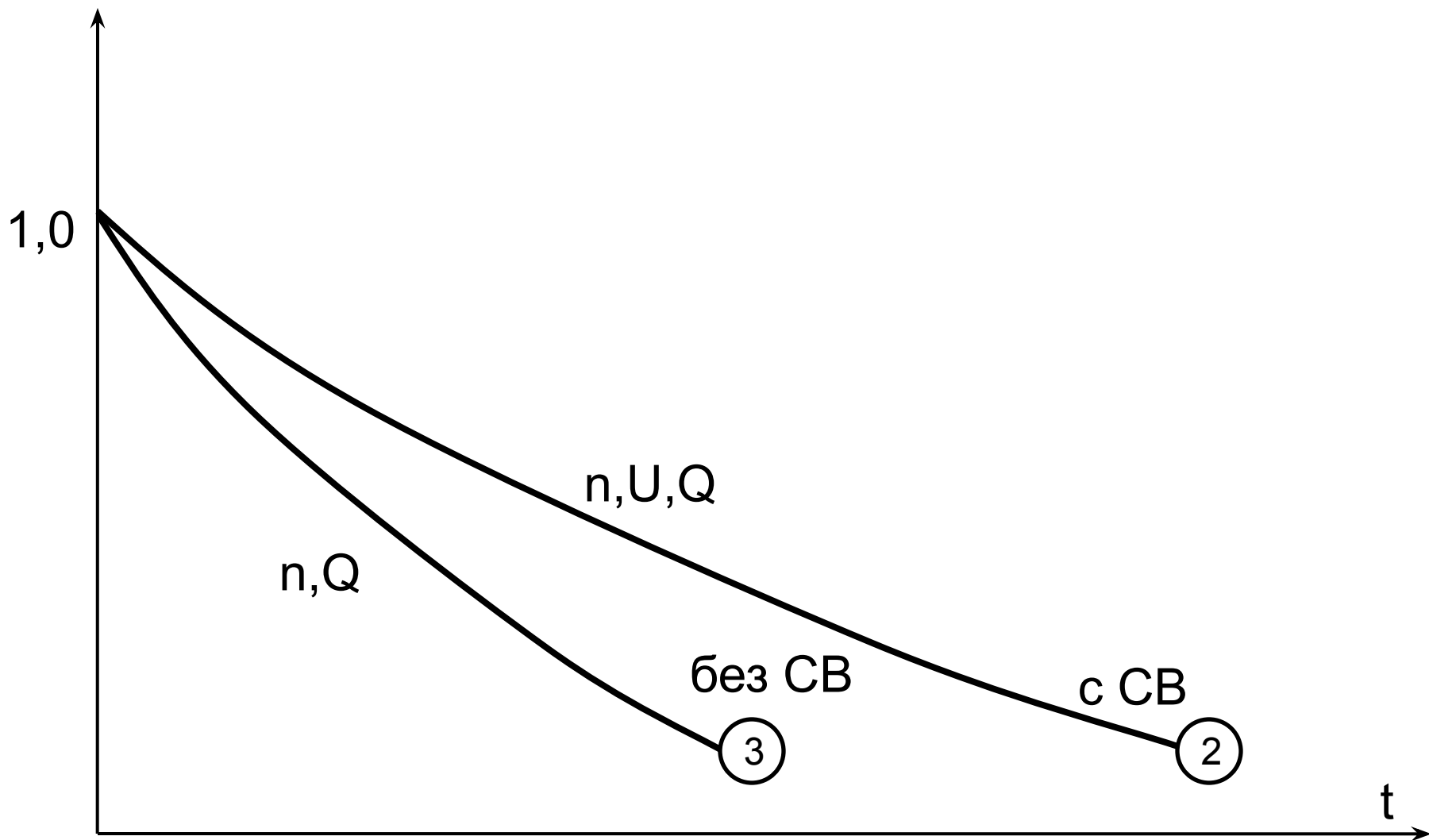
Зависимости для двигателей механизмов без ПД  
 Выбег из генераторного режима



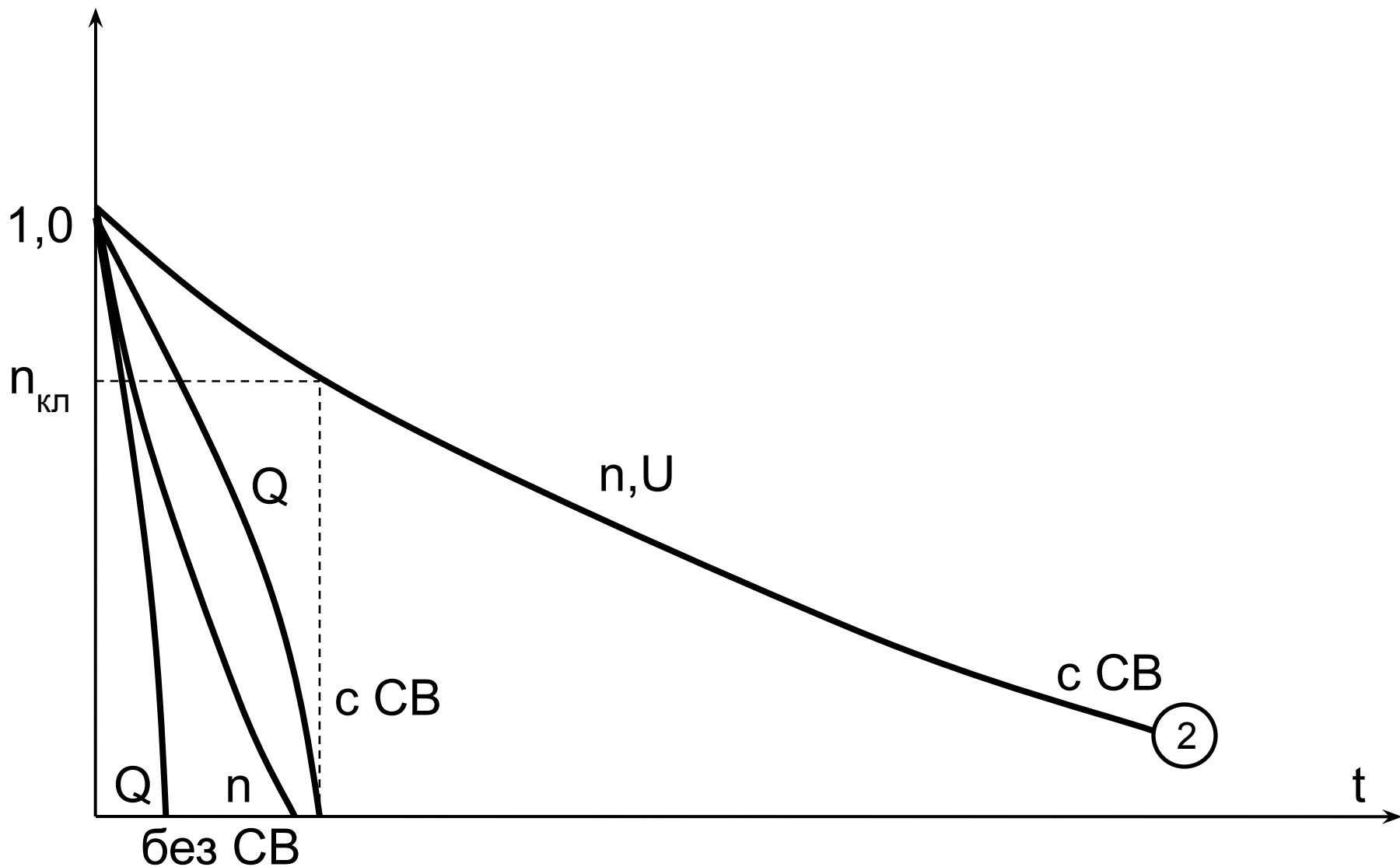
Зависимости для двигателей механизмов с ПД  
 Выбег из генераторного режима



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

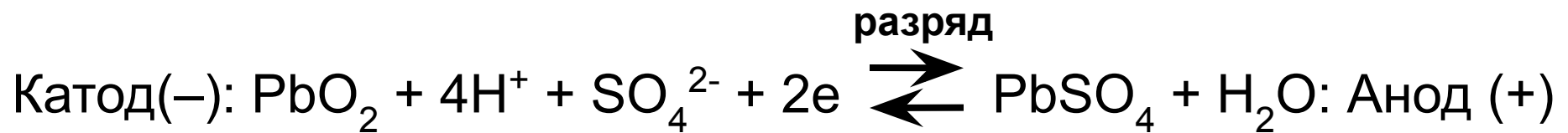
# 41. Виды аккумуляторных батарей

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





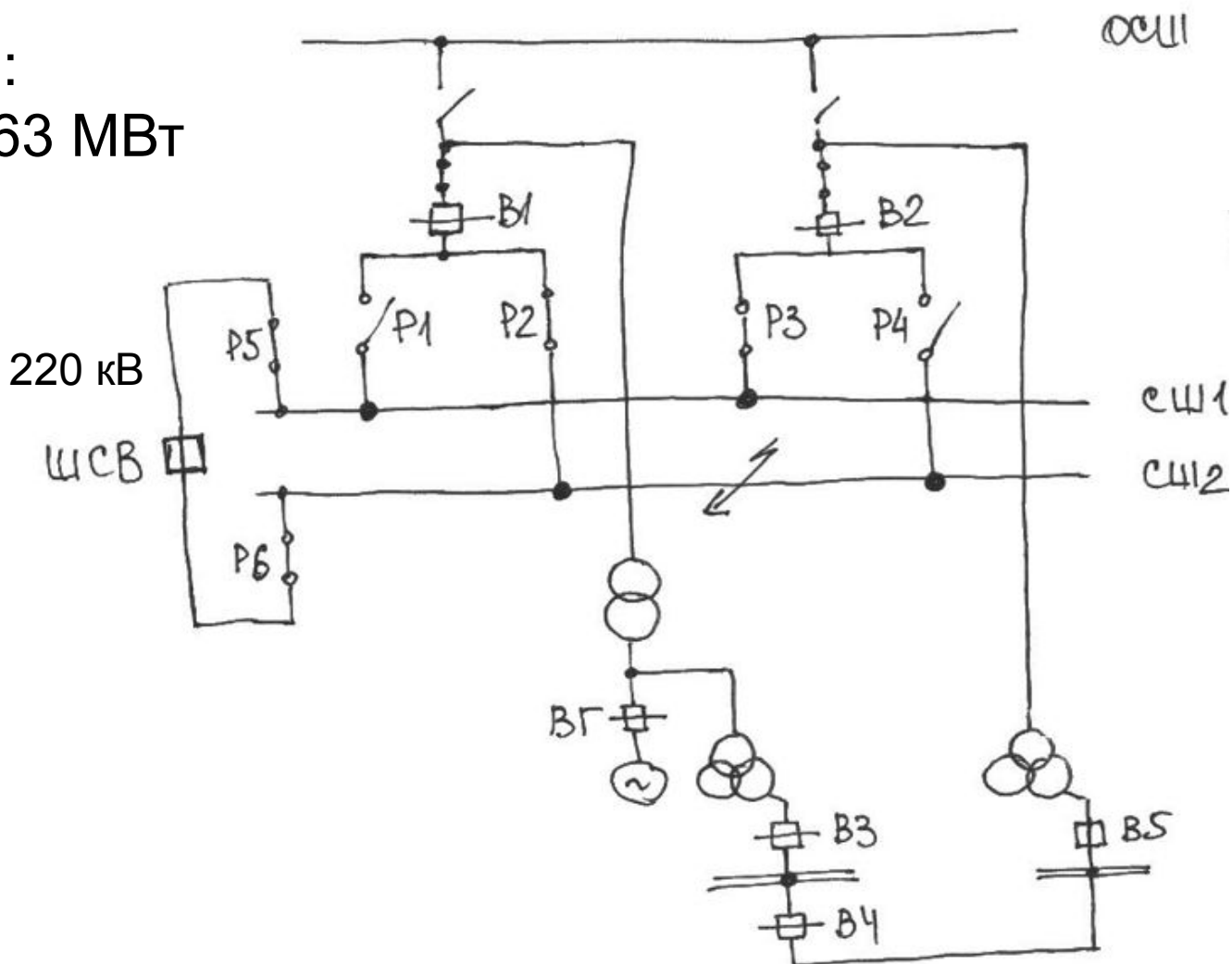
# 41. Выбор параметров аккумуляторной батареи

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 3x63 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?

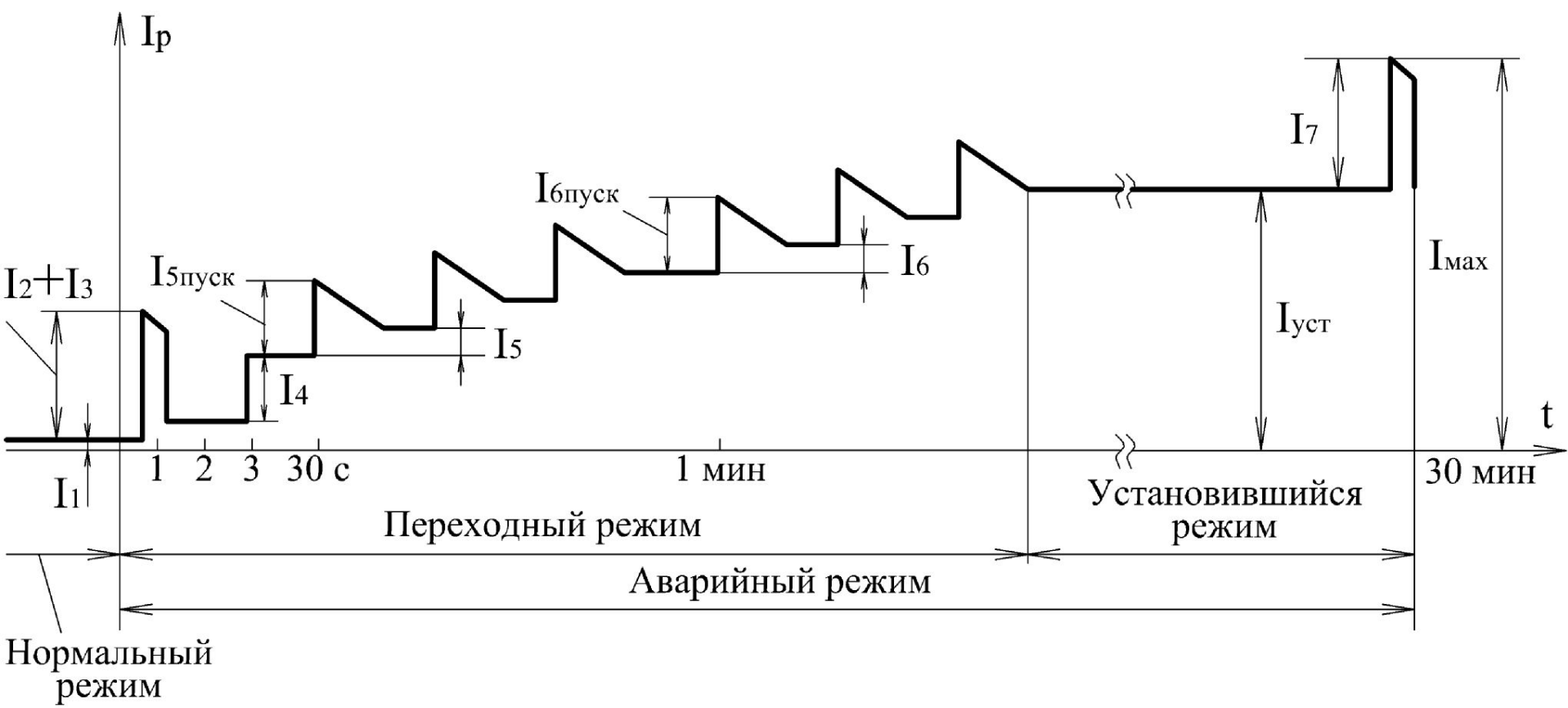
# Чем определяется время обесточивания?

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, ВЗ 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.

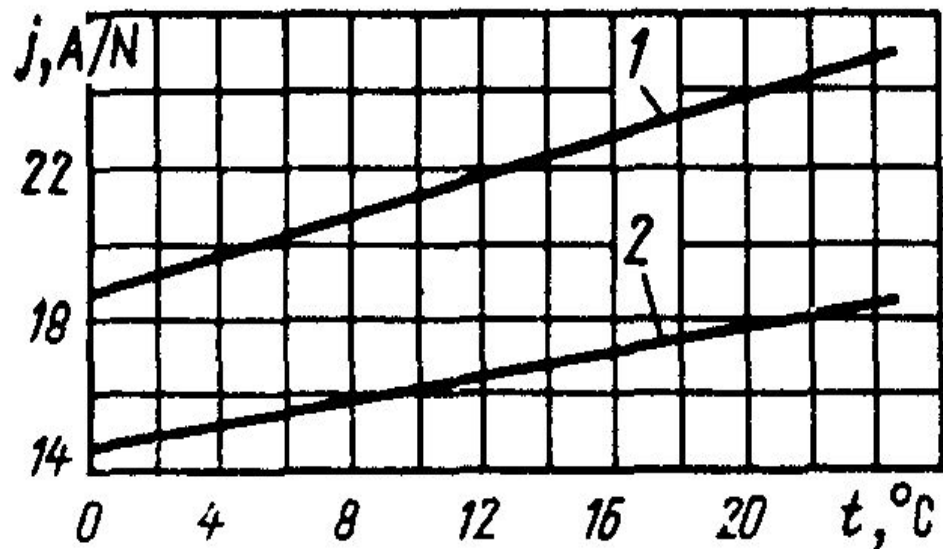
При  $+25^{\circ}\text{C}$  по кривой 1

$j = 25 \text{ А}$  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  $U_{ш} = 85\%$ ,

что больше, чем

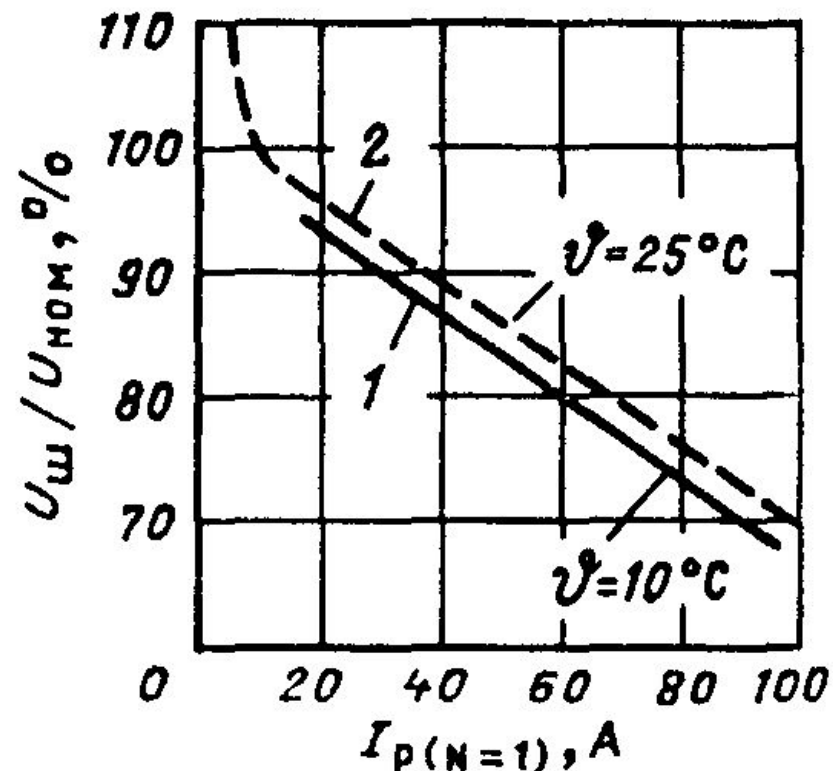
$$U_{ш.доп} = 80\%$$

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

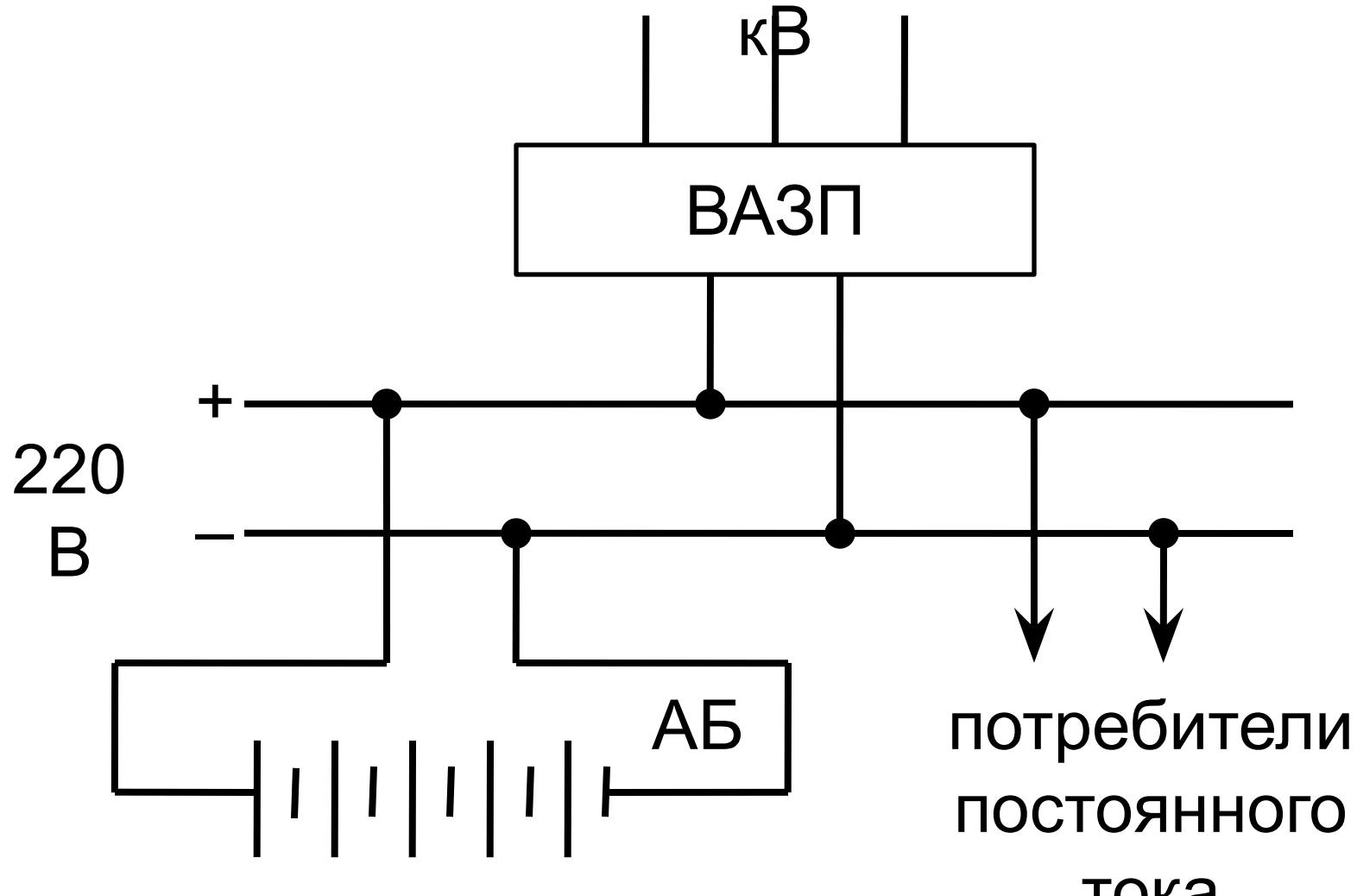
Далее выбирается схема включения АБ и количество элементов в

# 43. Схемы включения аккумуляторных батарей

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

# 1. Схема включения АБ без

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

## 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:

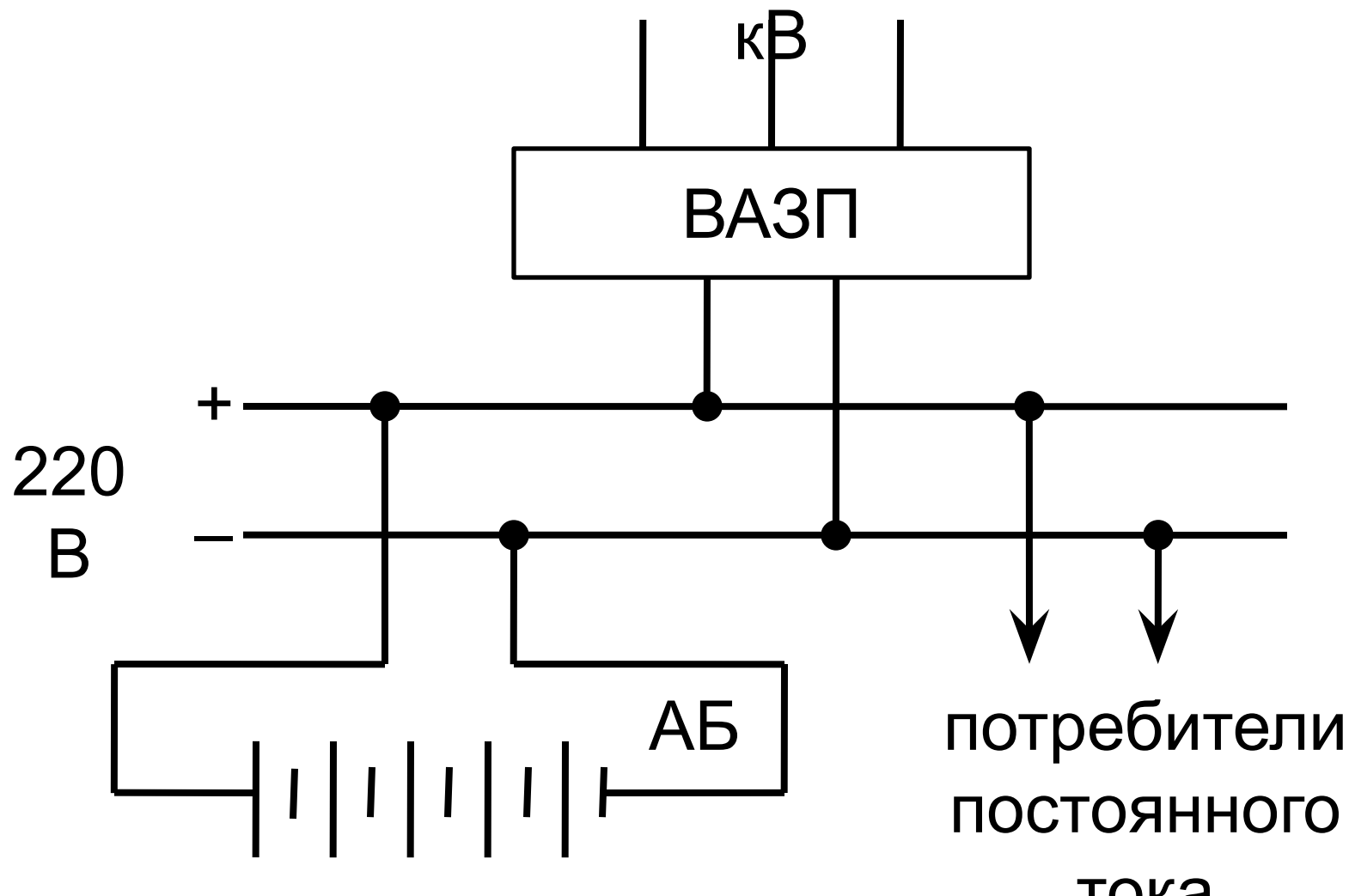
$$U_{ш} = 1,75 \cdot 105 = 184 \text{ В (84 \% от } U_{ном} = 220 \text{ В)}$$

# 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

## 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 разряжать элементы до 1,75 В.

Тогда в конце разряда напряжение на шинах будет равно:

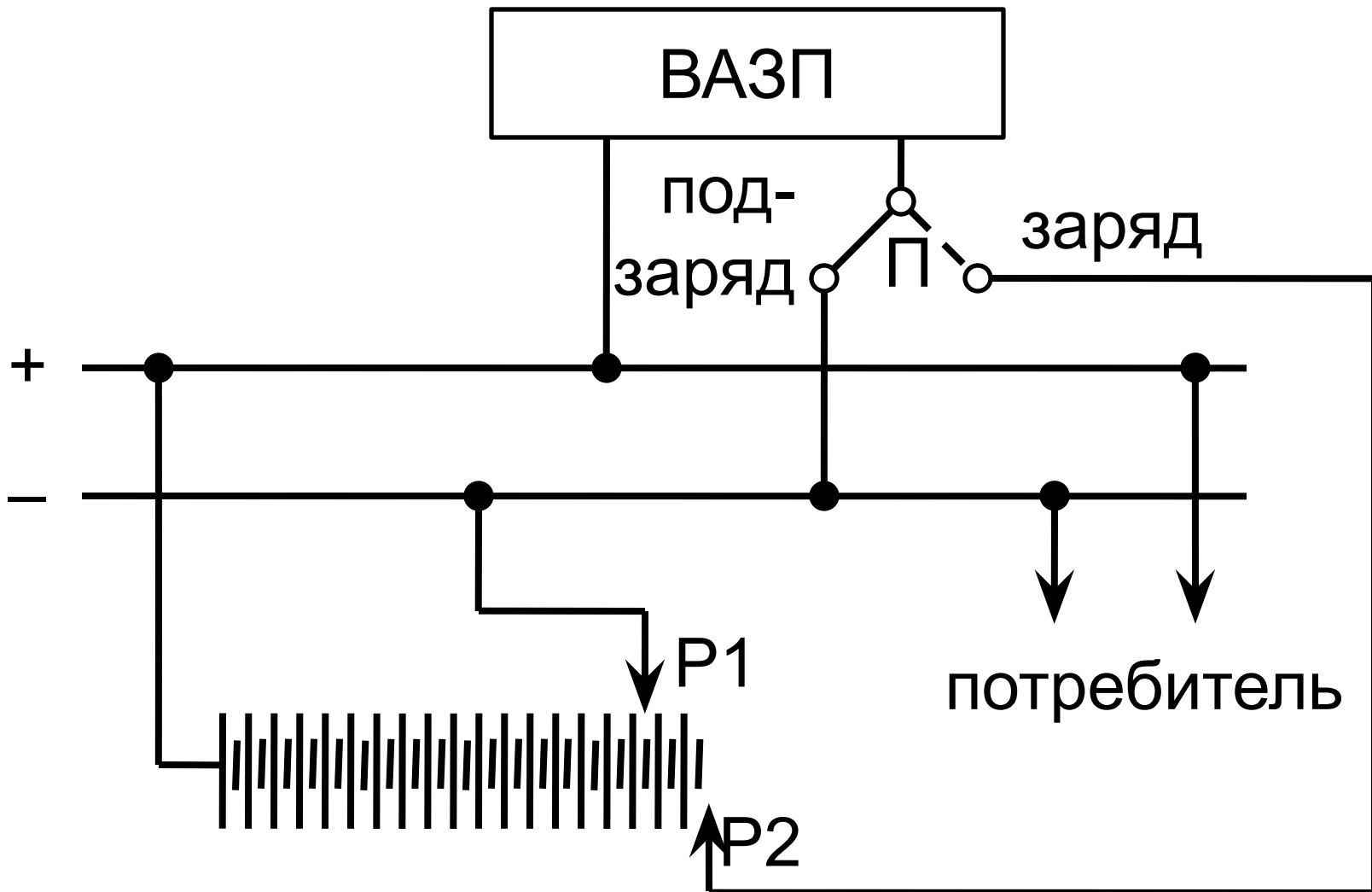
$$U_{ш} = 1,75 \cdot 105 = 184 \text{ В (84 \% от } U_{ном} = 220 \text{ В)}$$

- 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.

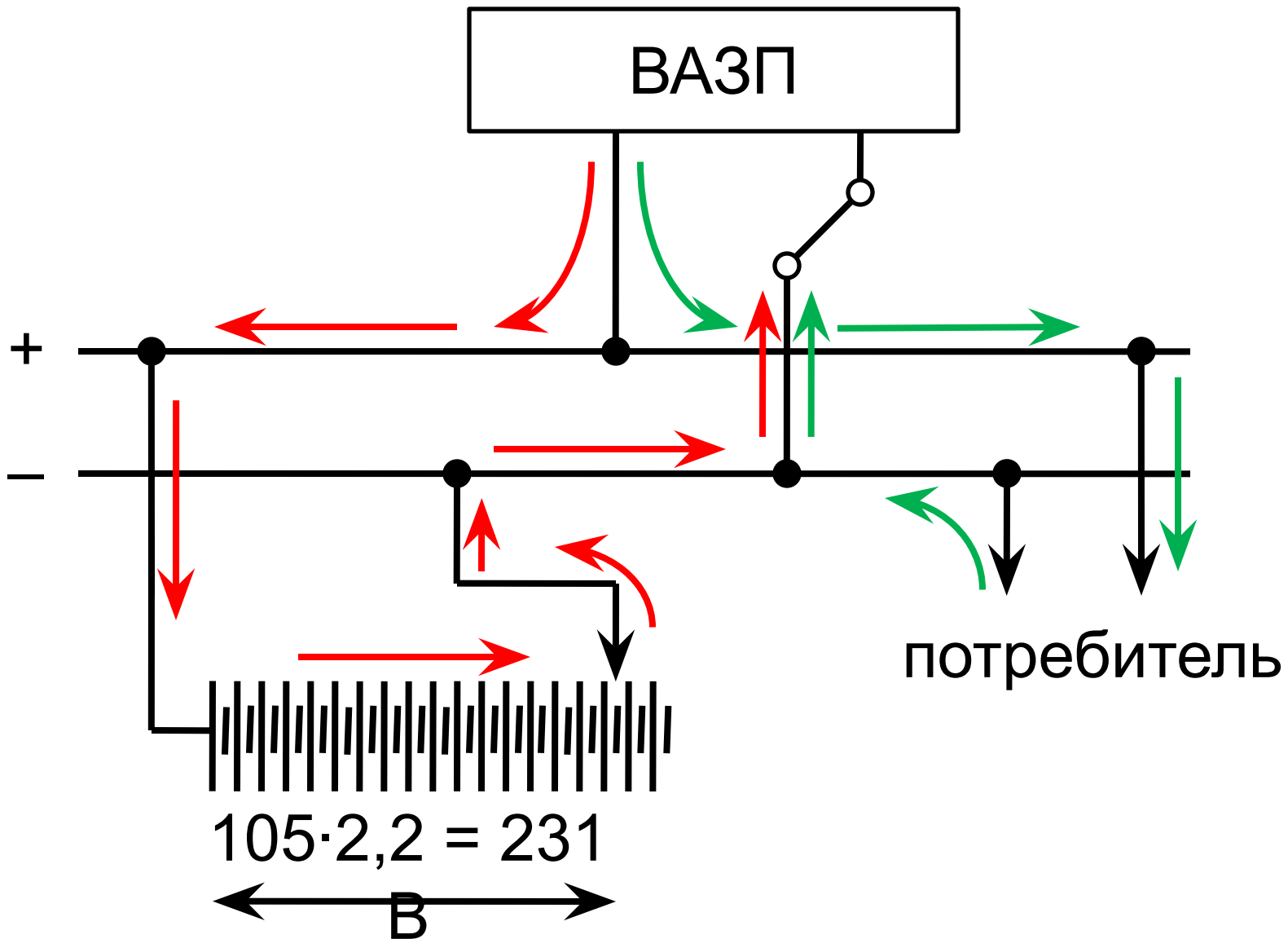
Для наиболее ответственных механизмов:

- 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



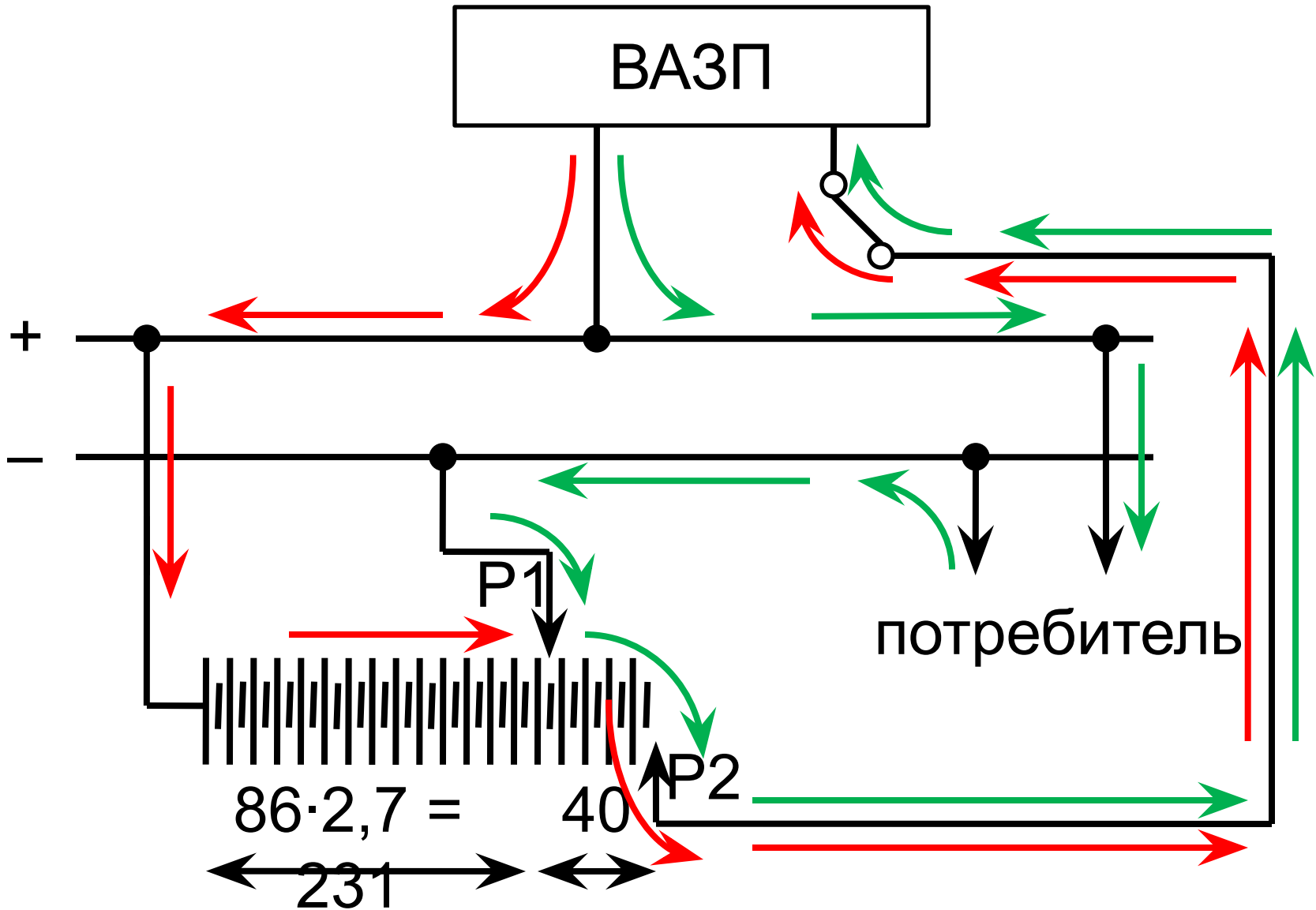
# ① Постоянный подзаряд



# 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.

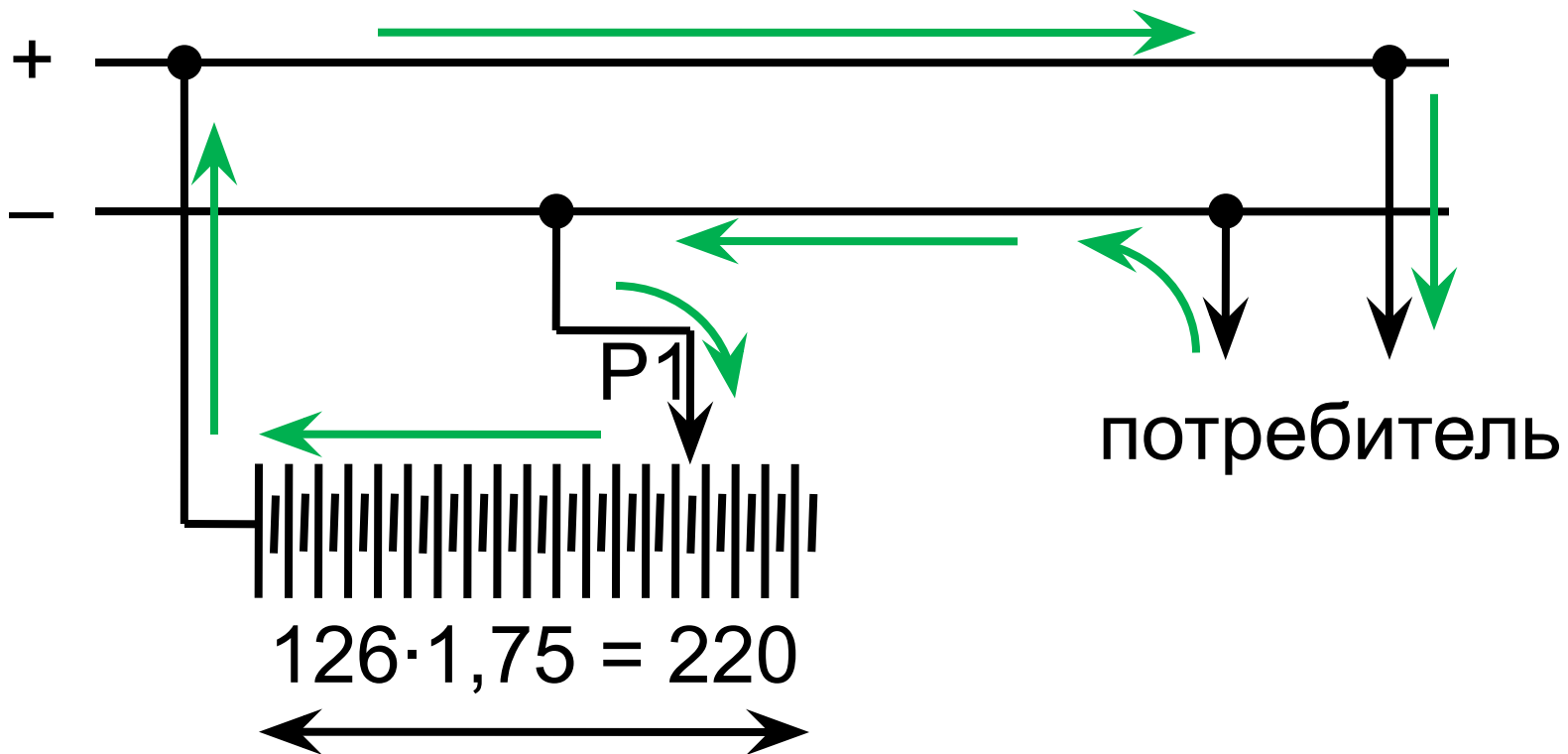
# ② Заряд



## ② Заряд

- 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

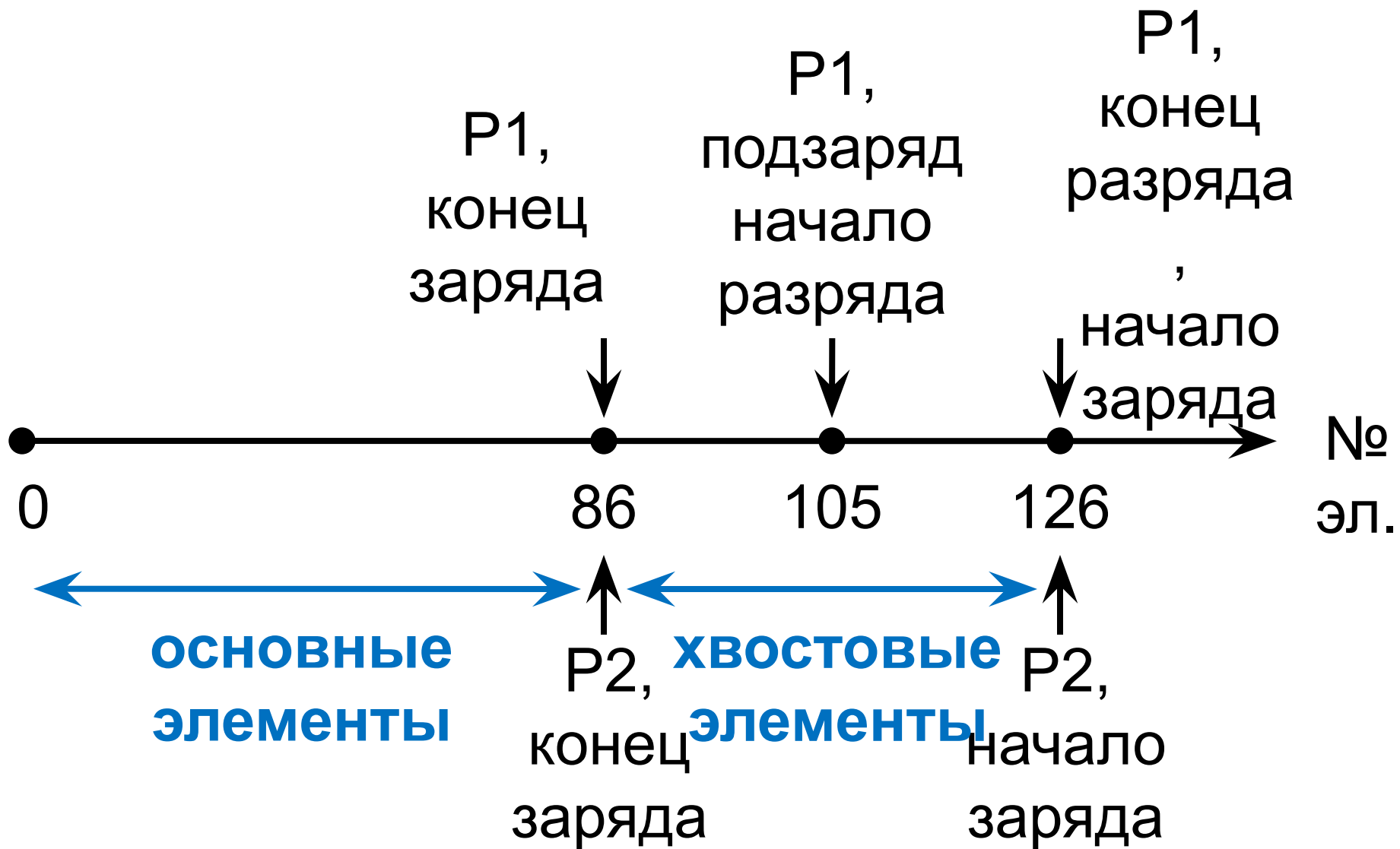




## ③ Аварийный разряд

- 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**.

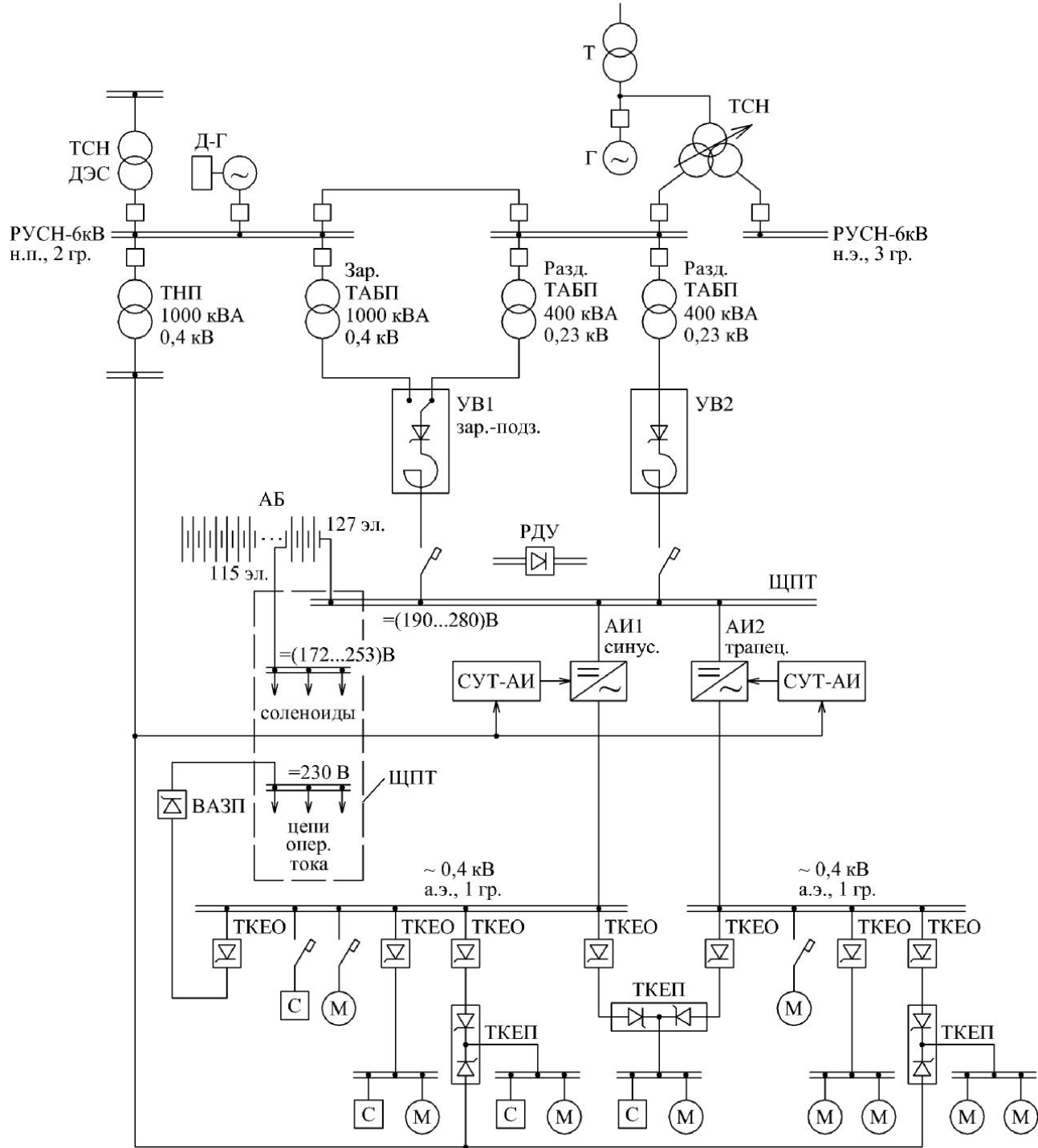
# Положение рукояток P1, P2

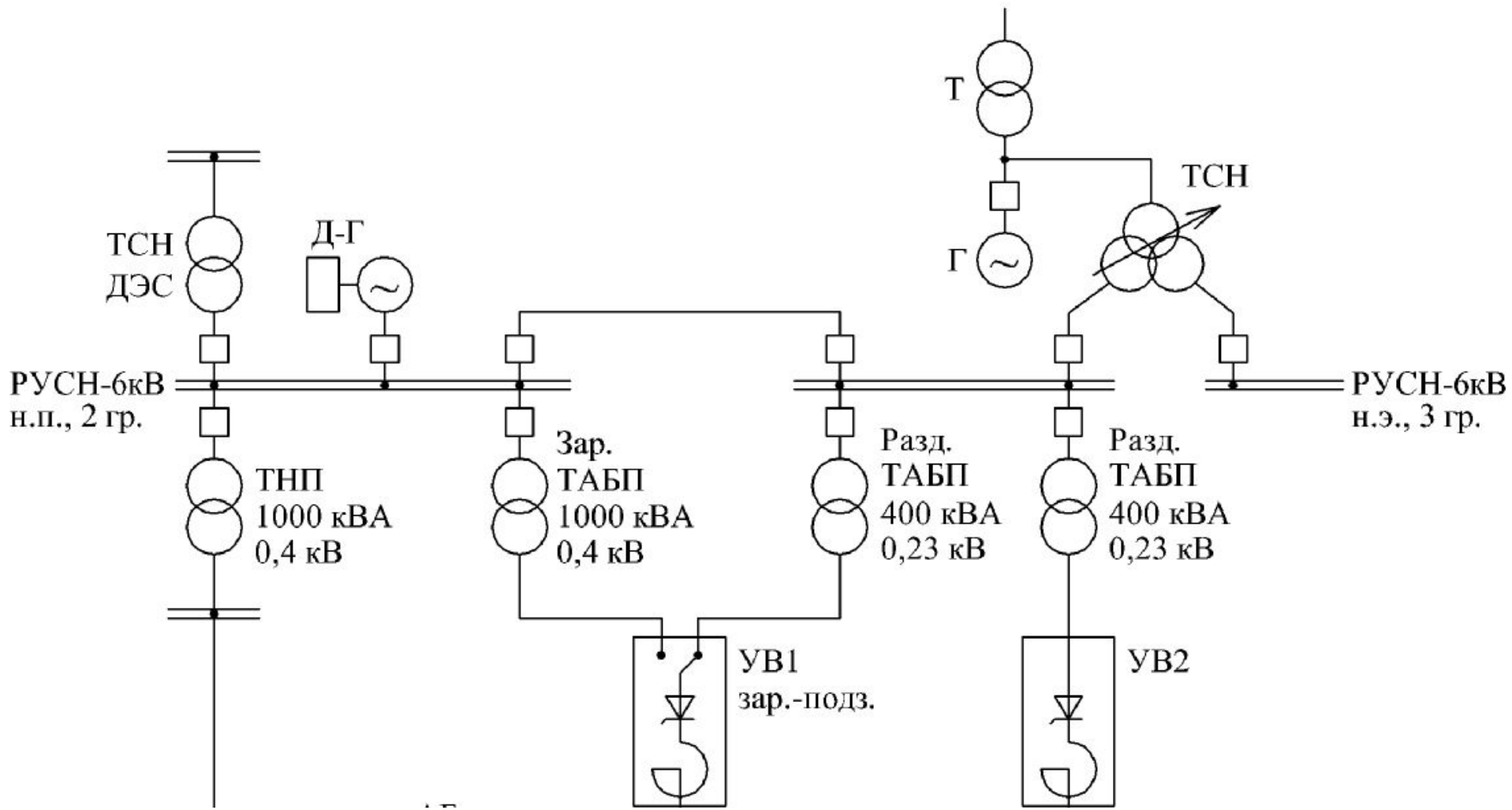


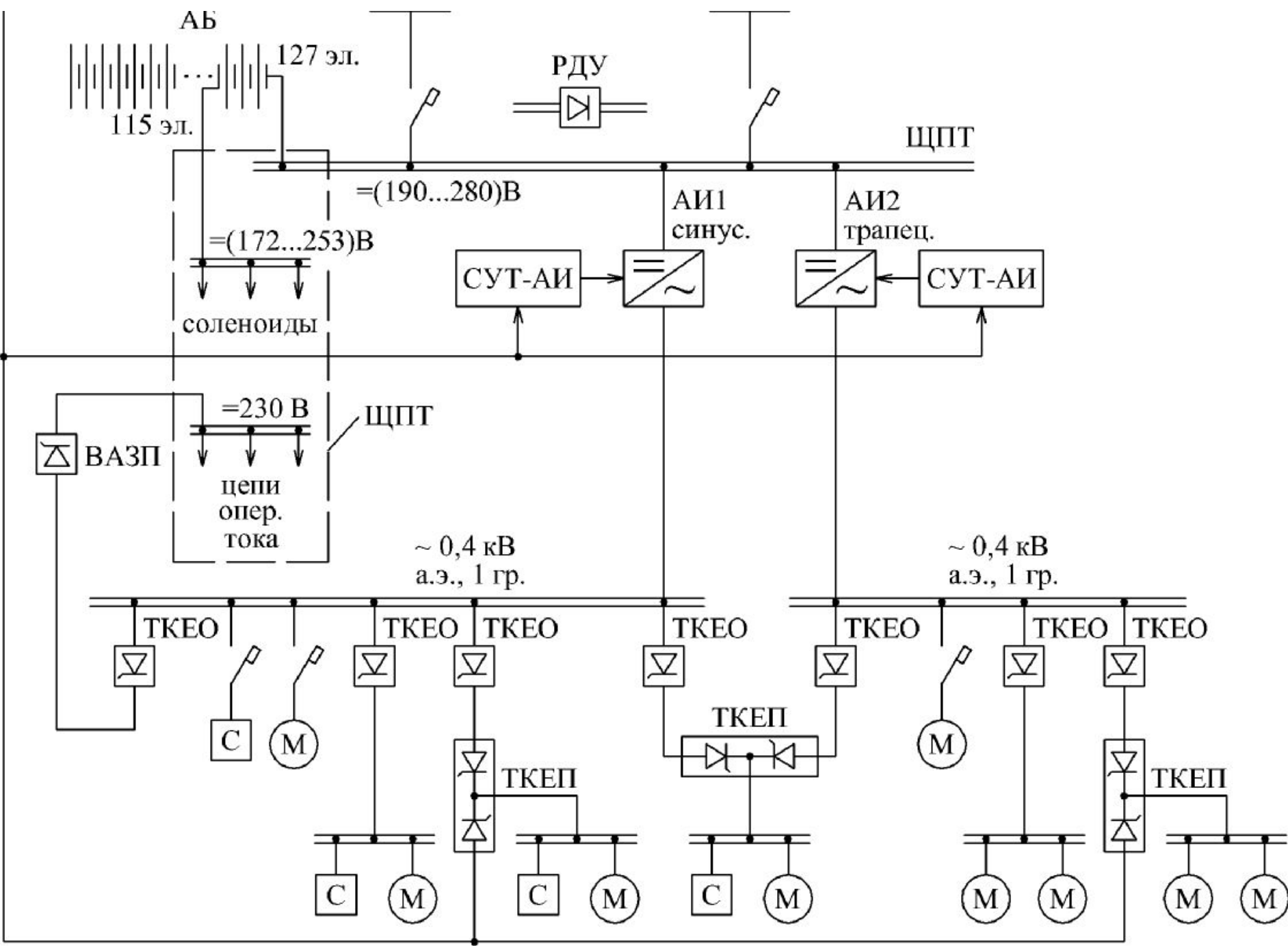
# 44. Статические агрегаты бесперебойного питания

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 недвигаемая 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:

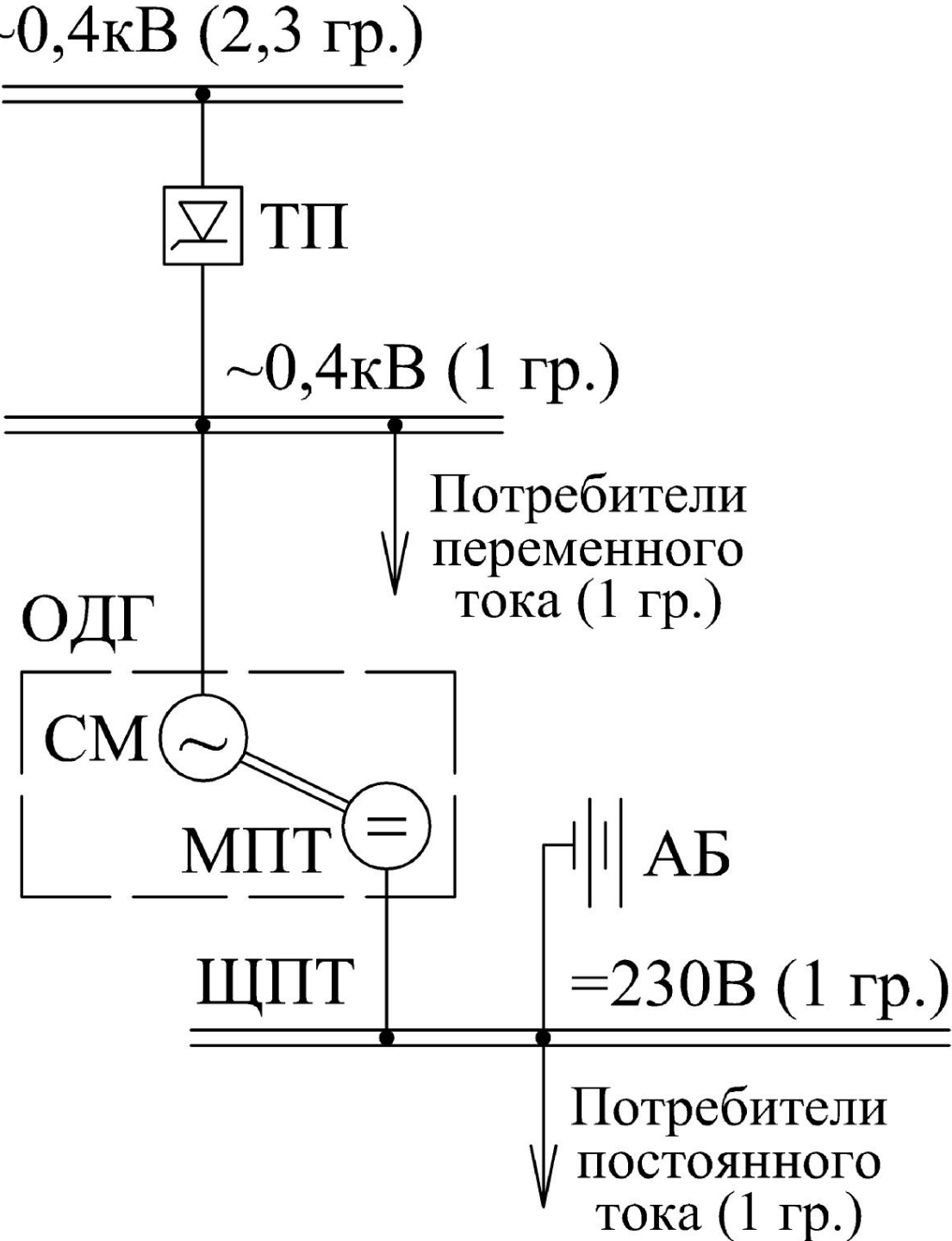
- инерционность регулирования ОДГ;
- длительность возврата ОДГ в выпрямительный режим;
- различие требований по качеству напряжения, реализуемых ОДГ, и требований щита СУЗ.

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

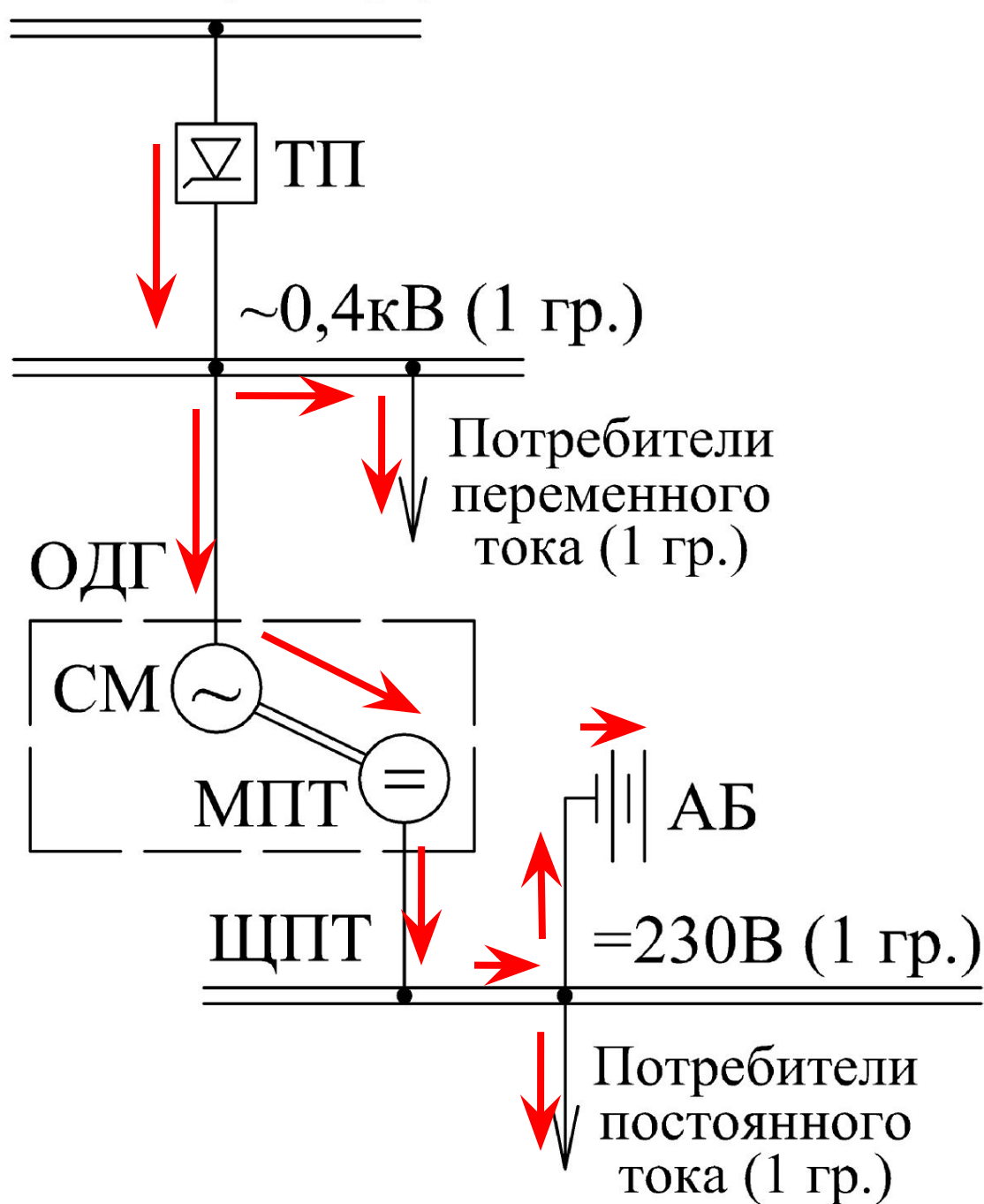
**Поэтому в настоящее время существует тенденция перехода на статические АБП.**



# Схема ОДГ



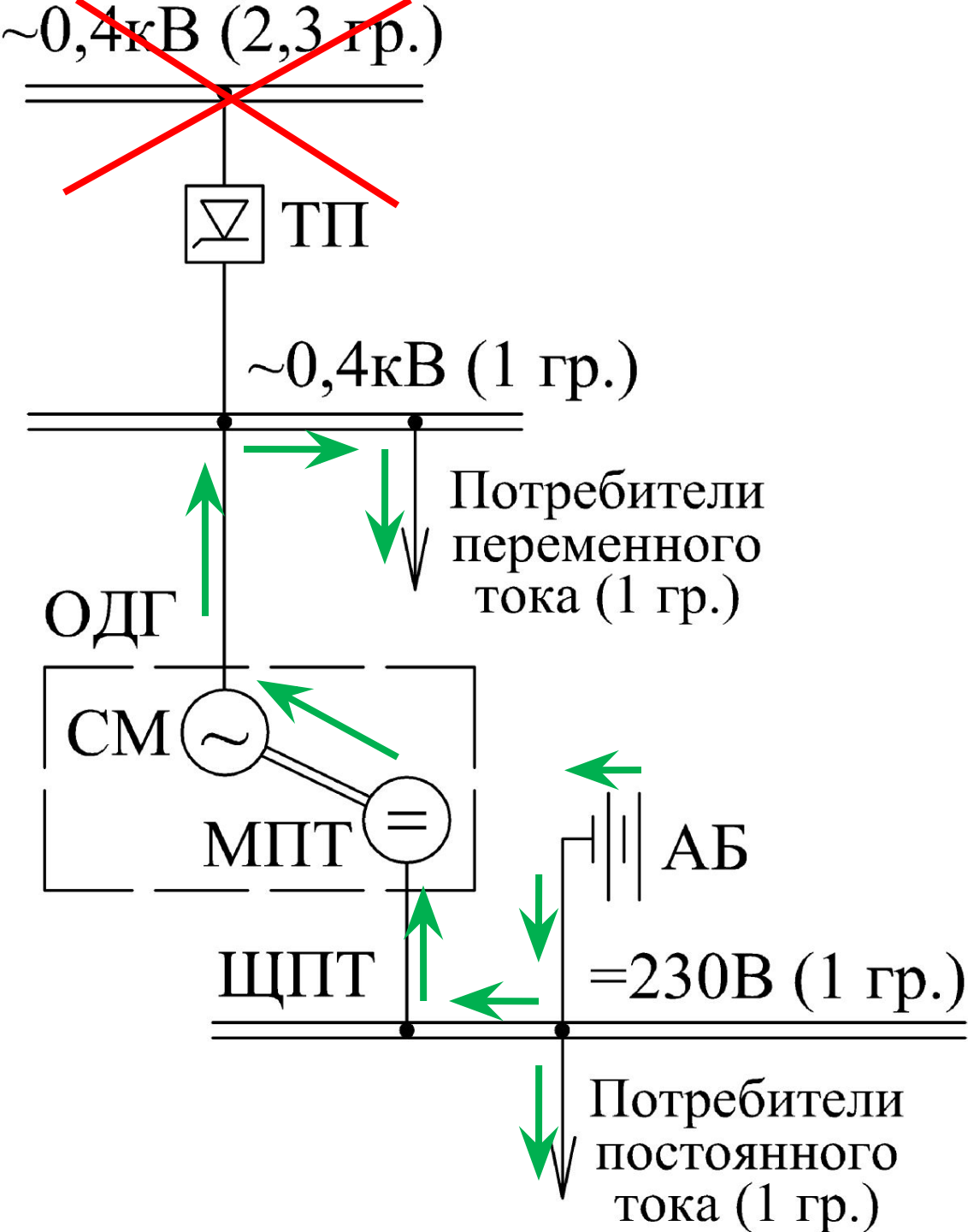
$\sim 0,4\text{кВ}$  (2,3 гр.)



Режим  
подзаряда  
и заряда

СМ –  
двигатель

МПТ –  
генератор



Режим  
аварийного  
разряда

СМ –  
генератор

МПТ –  
двигатель