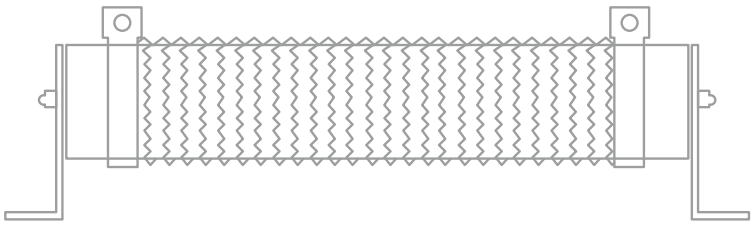
INSTART

# Метод расчета параметров ТОРМОЗНОГО РЕЗИСТОРА



***Динамическое торможение*** *- это процесс, в ходе которого происходит рекуперация энергии нагрузки и ее рассеивание в виде тепла на блоке тормозных резисторов*

*Для ограничения напряжения на DC шине энергия при рекуперации передается резисторам через тормозной модуль*

***Тормозной модуль*** *– электрическое переключающее устройство коммутирующее напряжение постоянного тока на резистор, на котором энергия рекуперации рассеивается в виде тепла. Тормозные модули включаются автоматически, когда напряжение на шине постоянного тока превышает установленный уровень, зависящий от номинального напряжения питания преобразователя частоты*

# Тормозной резистор

## РЕЗИСТОР ТРЕБУЕТСЯ:

- **всегда, когда нужно эффективное торможение**
- **во избежание ошибки перенапряжения, когда электродвигатель подключен к несбалансированной нагрузке**
- **когда нагрузка «тянет» электродвигатель (например, подъемник, лифт)**
- **в приложениях вертикального и горизонтального перемещения, когда точность позиционирования очень важна**

*В преобразователях частоты INSTART мощностью до 18,5 кВт тормозной модуль встроен, мощностью более 18,5 кВт требуется внешнее подключение.*

# Расчет тормозного резистора

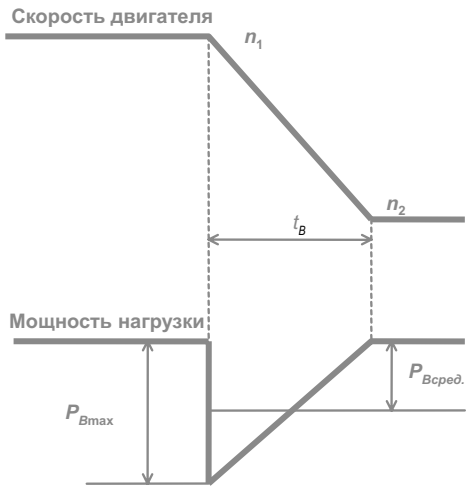
## ВАРИАНТ РАСЧЕТА:

1. Рассчитать максимальный момент торможения $M_{Bmax}$. Данный момент завит от начальной скорости замедления $n_1$, конечной скорости замедления $n_2$, желаемого времени замедления $t_B$ и общего момента инерции системы $J_{tot}$ (определяемого как сумма всех моментов инерции приведенных у валу двигателя).

$$M_{B\max} = \frac{J_{tot} \cdot (n_1 - n_2)}{9{,}55 \cdot t_B}$$

2. Определить максимальную мощность торможения, *Вт*.

$$P_{B\max} = \frac{M_{B\max} \cdot (n_1 - n_2)}{9{,}55}$$




Значение периода включения тормозного резистора (тормозной цикл = **П**родолжительность **В**ключения) **ПВ** =***ED*** есть отношение времени торможения $t_B$ к времени цикла работы $T$ (при $T$<120 сек.):

$$ED = \frac{t_B}{T}$$

## 3. Найти максимальную электрическую мощность торможения $P_{el}$ :

$$P_{el} = P_{B\max} - k \cdot P_{rMot} - (1 - \eta_{Gear}) \cdot P_{B\max}$$

Коэффициент уменьшения ***k*** зависит от номинальной мощности двигателя $P_{rMot}$:

| $P_{rMot}$, кВт | *k* |
|---|---|
| до1,5 | 0,25 |
| от 2,2 до 4,0 | 0,20 |
| от 5,5 до 11 | 0,15 |
| от 15 до 45 | 0,08 |
| выше 45 | 0,05 |

Если коэффициент полезного действия редуктора $\eta_{Gear}$ неизвестен, его можно принять равным 1.

## 4. Определить максимально допустимое значение тормозного сопротивления $R_B$

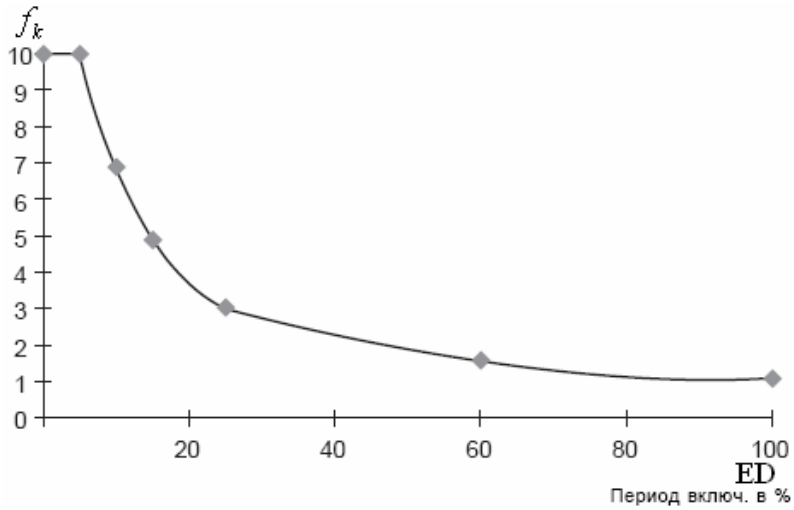
$$R_B \le \frac{U_B^2}{P_{el}}$$

Здесь напряжение на шине постоянного тока преобразователя частоты численно равно для 380В - **757В** +/-3%, 220В - **387В** +/-3%.
Значение сопротивления выбираемого из стандартного ряда тормозных резисторов не должно быть больше, чем рассчитанное значение $R_B$

**5.** Рассчитать номинальную мощность $P_B$ тормозного резистора

$$P_{elAve} = \frac{P_{el}}{f_k}$$

**6.** Выбор тормозного резистора осуществляется по значениям $R_B$, $P_B$ и $P$ (в качестве пиковой мощности)




$f_k$ – коэффициент зависящий от значения **ED**

## ВЫБОР ТОРМОЗНОГО МОДУЛЯ

Для его выбора потребуется:

- период включения тормозного резистора **ED**
- тормозной ток $I_B$
- время торможения $t_B$

Тормозной ток $I_B$ может быть рассчитан используя первоначальное напряжение торможения численно равное напряжению на шине постоянного тока $U_B$ и значение сопротивления выбранного тормозного резистора $R_{bsel}$

$$I_B = \frac{U_B}{R_{Bsel}}$$

# Пример расчета тормозного резистора

Данные:

Мощность двигателя и ПЧ: 75 кВт
Номинальная скорость двигателя: 950 об/мин
Номинальный момент: 754 Нм
Номинальное напряжение питания: 400 В
Тормозной момент: 125% от номинального момента
Время цикла: 60 сек.
Момент инерции нагрузки: 31 кг·м$^2$
Редуктора нет

Задание:

Рассчитать значение мощности и сопротивления тормозного резистора

Требуемое время торможения и значение тормозного цикла для обеспечения заданного момента торможения

$$t_B = \frac{2\pi \cdot J \cdot n}{60 \cdot M_{B\max}} = \frac{2\pi \cdot 31\,кг{\cdot}м^2 \cdot 950\,об/мин}{60 \cdot 1{,}25 \cdot 754\,Нм} = 3{,}2\,сек.$$

$$ED = \frac{t_B}{T} = \frac{3{,}2\,сек}{60\,сек} = 0{,}054 = 5{,}4\%$$

$$P_{B\max} = \frac{M_{B\ \max} \cdot (n_1 - n_2)}{9{,}55} = \frac{1{,}25 \cdot 754 Н \cdot м \cdot 900\ об/мин}{9{,}55} = 93{,}76 кВт$$

$$P_{el} = P_{B\max} - k \cdot P_{rMot} = 93{,}76 кВт - 0{,}05 \cdot 75 кВт = 90{,}01 кВт$$

$$P_{elAve} = \frac{P_{el}}{f_k} = \frac{90{,}01 кВт}{8{,}16} = 11{,}03 кВт$$

$$R_B \le \frac{U_B^2}{P_{el}} = \frac{(760 В)^2}{90{,}01 кВт} = 6{,}4\ Ом$$

$$I_B = \frac{U_B}{R_B} = \frac{760 В}{6 Ом} = 126{,}6 А$$

$$t_{ch} = t_B \cdot \frac{P_{elAve}}{P_{elMax}} = t_B \frac{R_{Bsel} \cdot P_{elAve}}{U_B^2} = 3{,}2 сек \cdot \frac{6 Ом \cdot 54 кВт}{760} = 1{,}8 сек$$

Согласно перегрузочной способности тормозного модуля **FCI-BU-200** с временем торможения 1,8 сек. и током торможения 126,6 А, тормозной цикл 5,4% возможен.
Таким образом, для данного применения был произведен подбор тормозного модуля **FCI-BU-200** и тормозного резистора **6Ом/54кВт**