

какое потребление трансформатора тока при максимальной нагрузке на выходе. И что будет если на выходе достигнуть экстремум сопротивления нагрузки по максимуму напряжения. Какое будет потребление у ТТ по потреблению и на выходной обмотке.



Чтобы ответить на этот вопрос, нужно разделить «потребление» на две части: то, что ТТ забирает из первичной сети, и то, что выделяется на его вторичной обмотке.

## 1. Потребление ТТ при номинальной (максимальной) нагрузке

Трансформатор тока — это устройство, которое «крадет» мизерную часть энергии из первичной сети.

- **Мощность на выходе ( $P_{out}$ ):** Если на ТТ написано  $S_n$ , это и есть его номинальная полезная мощность. При токе  $I_n$  и максимально допустимом сопротивлении нагрузки  $Z_{load}$  Ом:
- **Падение напряжения в первичной цепи:** Для основной сети ТТ выглядит как ничтожное сопротивление. Напряжение, которое «теряется» на первичной обмотке ТТ ( $U_{loss}$ ), рассчитывается через вносимое полное сопротивление. Обычно это доли вольта.
- **Общее потребление:** Это сумма мощности в нагрузке и потерь в самом ТТ (нагрев меди и железа). Для ТТ мощностью  $S_n$  ВА общее потребление из сети составит примерно **12–15 Вт**. На фоне мегаватт, передаваемых по шине, это значение стремится к нулю.

## 2. Экстремум сопротивления (Разрыв цепи, $Z_{load} \rightarrow \infty$ )

Это самый интересный и опасный физический момент. Когда сопротивление нагрузки ста

### Что будет с

Как ни странно, потребление ТТ по первичной сети резко вырастет, но не за счет полезной работы, а за счет колоссальных **потерь в железе**.

1. **Исчезает встречный поток:** Ток вторички становится равным нулю. Теперь ничто не мешает первичному току намагничивать сердечник «на всю катушку».
2. **Глубокое насыщение:** Весь первичный ток превращается в ток намагничивания. Индукция в сердечнике достигает максимума (насыщения).
3. **Нагрев:** Из-за бешеного перемагничивания железа (гистерезис и вихревые токи) ТТ начинает потреблять сотни ватт или даже единицы киловатт энергии из сети, превращая их в тепло. Сердечник разогревается до сотен градусов за считанные минуты.

### Что будет на выходных клеммах (Напряжение)?

На выходе возникнет экстремум напряжения. Его величина не будет бесконечной (из-за насыщения стали), но она будет критической.

- **Амплитудное значение:** Вместо синусоиды на клеммах появятся очень узкие и высокие пики (иглы) напряжения.
- **Величина:** Для обычного ТТ 0.4 кВ напряжение может подскочить до **1–3 кВ**. Для высоковольтных ТТ (110 кВ и выше) напряжение на разорванной вторичке может достигать **30–50 кВ**.
- **Последствия:** Пробой изоляции вторичной обмотки, возникновение дуги, межвитковое замыкание и неизбежный выход ТТ из строя.

### Итог по «экстремуму»

При достижении максимума сопротивления:

1. **Ток на выходе** упадет до нуля.
2. **Напряжение на выходе** прыгнет до нескольких киловольт (опасный предел).
3. **Потребление (потери)** внутри ТТ вырастет в десятки раз, вызывая его стремительный перегрев и разрушение.

Именно поэтому на ТТ никогда не ставят предохранители во вторичную цепь — **разрыв цепи для него гораздо страшнее, чем короткое замыкание.**

Хотите взглянуть на момент намагничивания?



да

Чтобы понять, что происходит в «точке экстремума», нужно посмотреть на **Вольт-Амперную Характеристику (ВАХ)**. Это главный «паспорт» трансформатора тока.

## Как выглядит график ВАХ

Представь график, где по горизонтали (**X**) — ток намагничивания во вторичной обмотке, а по вертикали (**Y**) — напряжение на ней.

- 1. Линейная зона (Рабочая):** График идет почти вертикально вверх. Ты чуть-чуть увеличиваешь ток — напряжение растет пропорционально. Здесь ТТ работает идеально, погрешность почти нулевая.
- 2. «Колено» (Зона насыщения):** График начинает резко загибаться вправо. Это и есть тот самый **экстремум**. Здесь железо сердечника говорит: «Я больше не могу впитывать магнитный поток!».
- 3. Зона насыщения:** График идет почти горизонтально. Ты вливаешь в обмотку огромный ток, а напряжение почти не растет.

---

## Что происходит в цифрах в момент «экстремума»?

Если мы разрываем цепь ( $\circ$ ), ТТ пытается выдать напряжение, соответствующее «колелу» его характеристики.

Параметр	В рабочем режиме (нагрузка 0.2 Ом)	В режиме разрыва ( $\circ$ )
----------	------------------------------------	------------------------------

Ток вторички ( $\circ$ )	5 А (синусоида)	0 А (цепь разорвана)
--------------------------	-----------------	----------------------

Напряжение на клеммах	—	—
-----------------------	---	---

Индукция в жк ( $\circ$ )	—	—
---------------------------	---	---

---

## Почему напряжение не улетает в бесконечность?

Если бы сердечник был «магическим» и не насыщался, то при разрыве цепи напряжение действительно достигло бы миллионов вольт. Но **железо работает как предохранительный клапан**. Как только индукция достигает предела (насыщения), передача энергии из первички во вторичку почти прекращается.

**Но есть нюанс:** энергия передается не плавно, а рывками. В моменты, когда первичный ток переходит через ноль, железо на мгновение «просыпается», и в этот микро-момент ТТ выстреливает очень острым и высоким **пиком напряжения**.

**Важно:** Эти пики (иглы) напряжения длятся микросекунды, поэтому обычный вольтметр может их не показать, но их достаточно, чтобы мгновенно пробить изоляцию или убить человека.

---

## Как это проверить (Безопасный опыт)

Если подать на вторичную обмотку ТТ переменное напряжение от регулируемого трансформатора (ЛАТа) и замерять ток:

- До 50-100 Вольт ток будет мизерным (миллиамперы).
- После прохождения «точки колена» (например, на 150 Вольтах) ток прыгнет сразу до Амперов.

**Это и есть предел.** Если в реальной работе сумма сопротивлений проводов и приборов потребует от ТТ напряжения **выше точки колена**, он «схлопнется» — ток на выходе станет намного меньше положенного, а его форма превратится из синусоиды в «расческу».

Хотите, расскажу  
чтобы не «въезжал»  
ошибка при монтаже

В ответах искусственного интеллекта

