

**ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический  
университет»**

**Кафедра «Автоматизированные электроэнергетические  
системы и сети»**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ЗА  
СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**А.А. Казанцев**

**Научный руководитель: В.Г. Гольдштейн**

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ.**

Разработка принципов и рекомендаций по стратегии, тактике и повышению эффективности парка силовых распределительных трансформаторов 6 ÷ 10 кВ как производственных активов электрических сетей и систем электроснабжения.

## **ЗАДАЧИ РАБОТЫ.**

1. Сопоставительный анализ заводских паспортных данных аморфных трансформаторов с трансформаторами иной конструкции находящихся на эксплуатации.
2. Моделирование и расчет режима работы участка распределительной сети 10 кВ ОАО «Самаранефтегаз» с заменой существующих традиционных трансформаторов на трансформаторы с аморфным магнитопроводом.
3. Сравнительный технико-экономический анализ применения аморфных трансформаторов, расчет окупаемости с учетом цен производителей и при работе в различных режимах
4. Оценка технических характеристик распределительных трансформаторов использующих эффект высокотемпературной сверхпроводимости.

# Трансформаторы с магнитопроводом из аморфных сплавов



*Трансформатор с сердечником из аморфных сплавов*



*Активная часть трансформатора АТМГ*

**Новый тип силовых распределительных трансформаторов — с сердечником из аморфных сплавов — позволит существенно сократить потери холостого хода.**

**Такие энергоэффективные трансформаторы уже используются за рубежом, а сейчас этот продукт выходит на рынок и в нашей стране, причем речь идет об отечественных разработках.**

# Преимущества трансформаторов из аморфного сплава

**Экономия  
электроэнергии**



Постоянные потери составляют 20-30% от потерь в обычном трансформаторе  
-срок окупаемости составляет от 4 лет в зависимости от конкретного трансформатора и темпов роста энерготарифов  
-аморфные металлические материалы насыщаются при низких уровнях потока

**Экономия  
на стоимости ремонта**



Быстрая и легкая замена благодаря модульной конструкции\*

**Экономия  
благодаря долгому  
сроку службы**



Высокая надежность\*

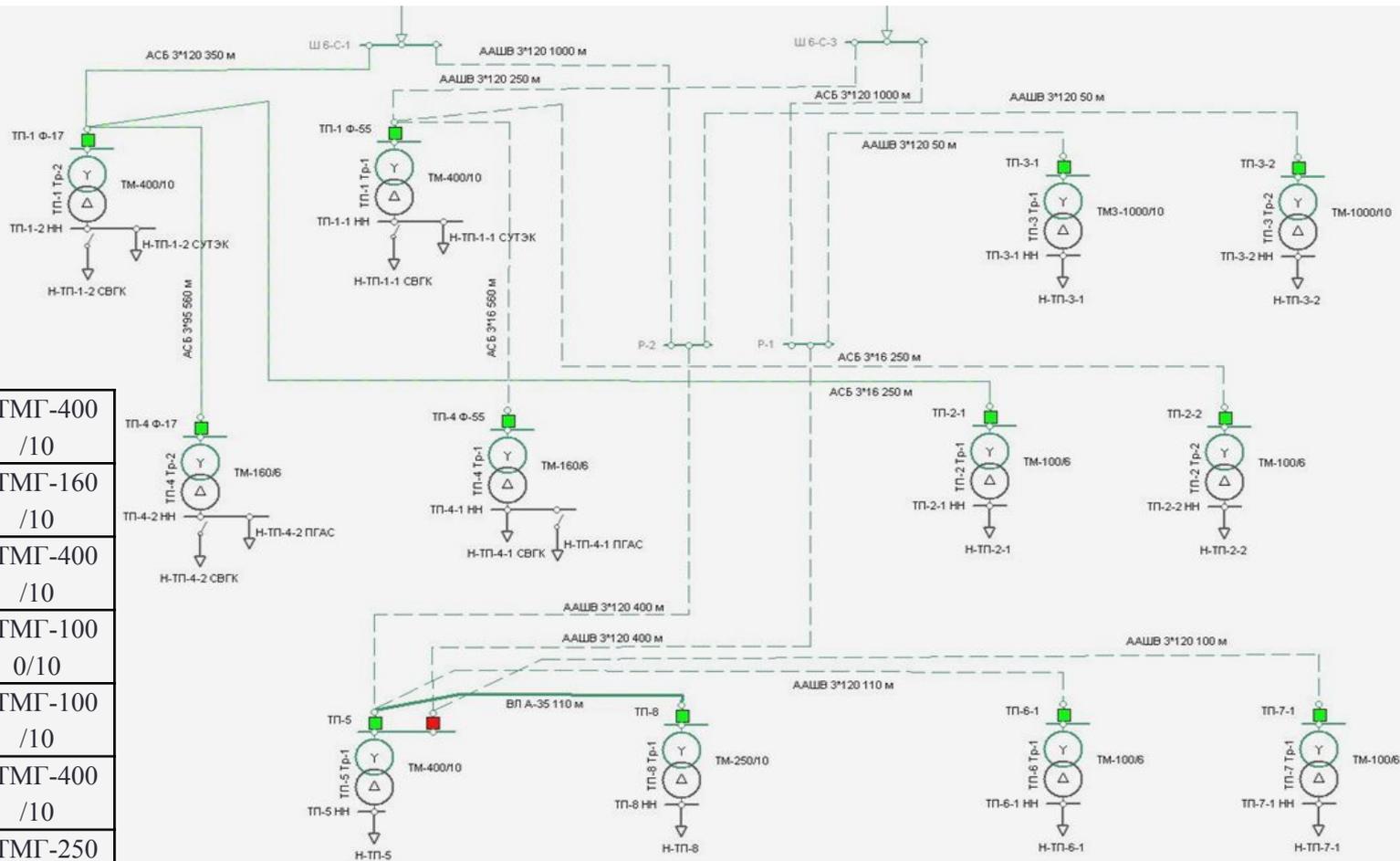
\*по опыту эксплуатации в США и Европейских странах

# Технические характеристики трансформаторов ТМГ<sup>1</sup> / АТМГ<sup>2</sup> / ТСЛ<sup>3</sup>

Мощность $S_{\text{ном}}$ кВА	Потери $\Delta P_{\text{xx}}$ , Вт	Потери $\Delta P_{\text{кз}}$ , Вт	Напряжение $\Delta U_{\text{кз}}$ , %	Ток $I_{\text{xx}}$ , %
63	214/45/252	1667/1211/1446	4,5/4,5/6	2,8/0,25/2,2
100	305 / 64 / 360	1970/ 1617/ 1900	4,5/ 4,42/ 6	2,5/ 0,2/ 2
160	415/90/496	2422/2223/2580	4,5/4,4/8	2,2/0,16/1,7
250	580 / 128 / 700	3100/ 3129/ 3600	4,5/ 4,37/ 6	1,9/ 0,093/ 1,3
400	830 / 161 / 900	4400/ 4457/ 4700	4,5/ 4,5/ 6	1,6/ 0,078/ 1,1
630	1200 / 238 / 1370	6200/ 6353/ 6700	6,0/ 6,06/ 6	1,3/ 0,074/ 0,9
1000	1792/361/2122	9080/9386/9900	7,0/6,17/6	0,9/0,067/0,7

<sup>1</sup> масляные герметичные (традиционные)  
<sup>2</sup> масляные герметичные с аморфным сердечником  
<sup>3</sup> сухие с литой изоляцией

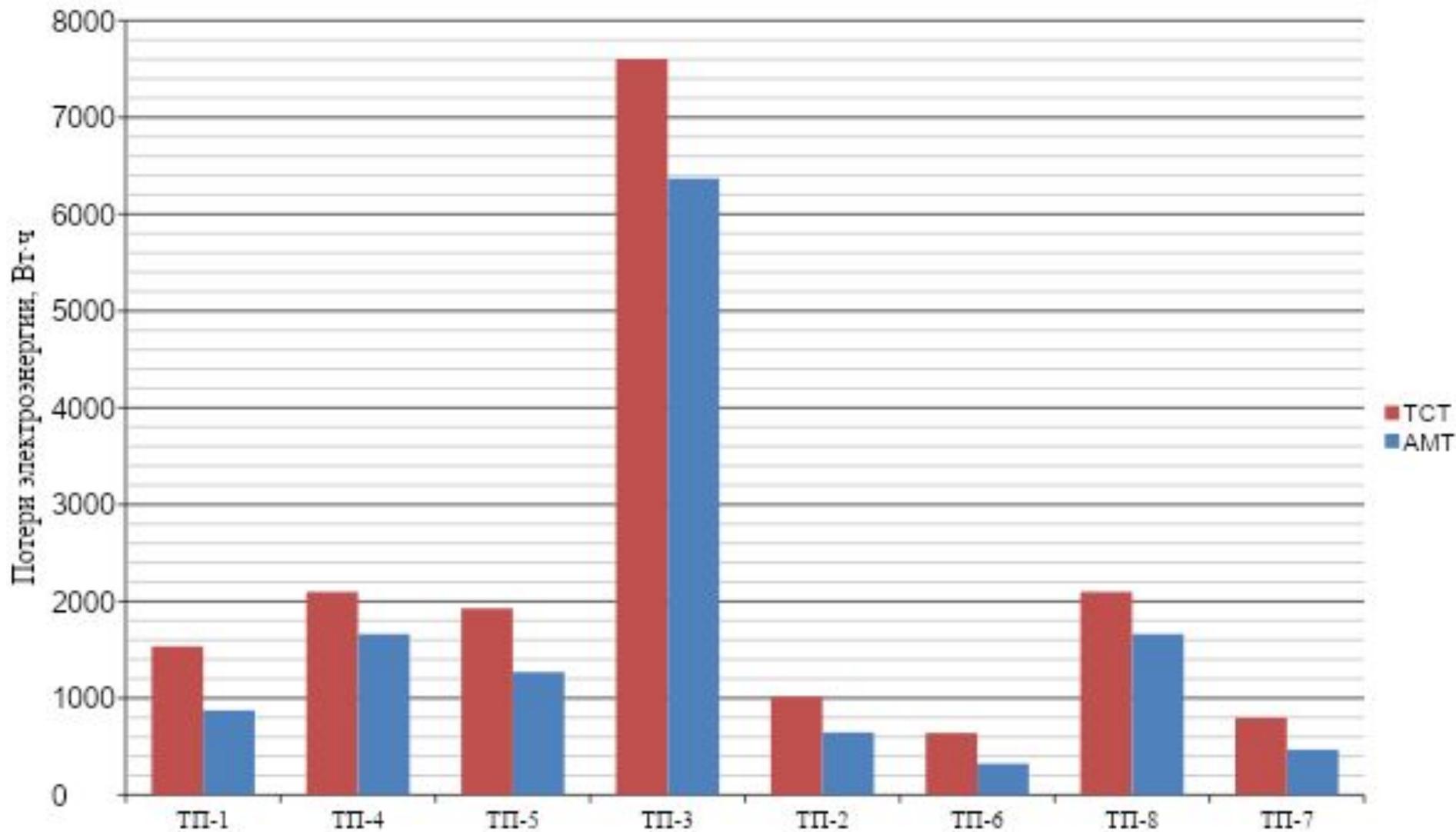
# Рассмотрим замену отечественных трансформаторов традиционного исполнения из электротехнической стали на аналогичные с аморфными сердечниками на участке сети 10 кВ ОАО «Самаранефтегаз»



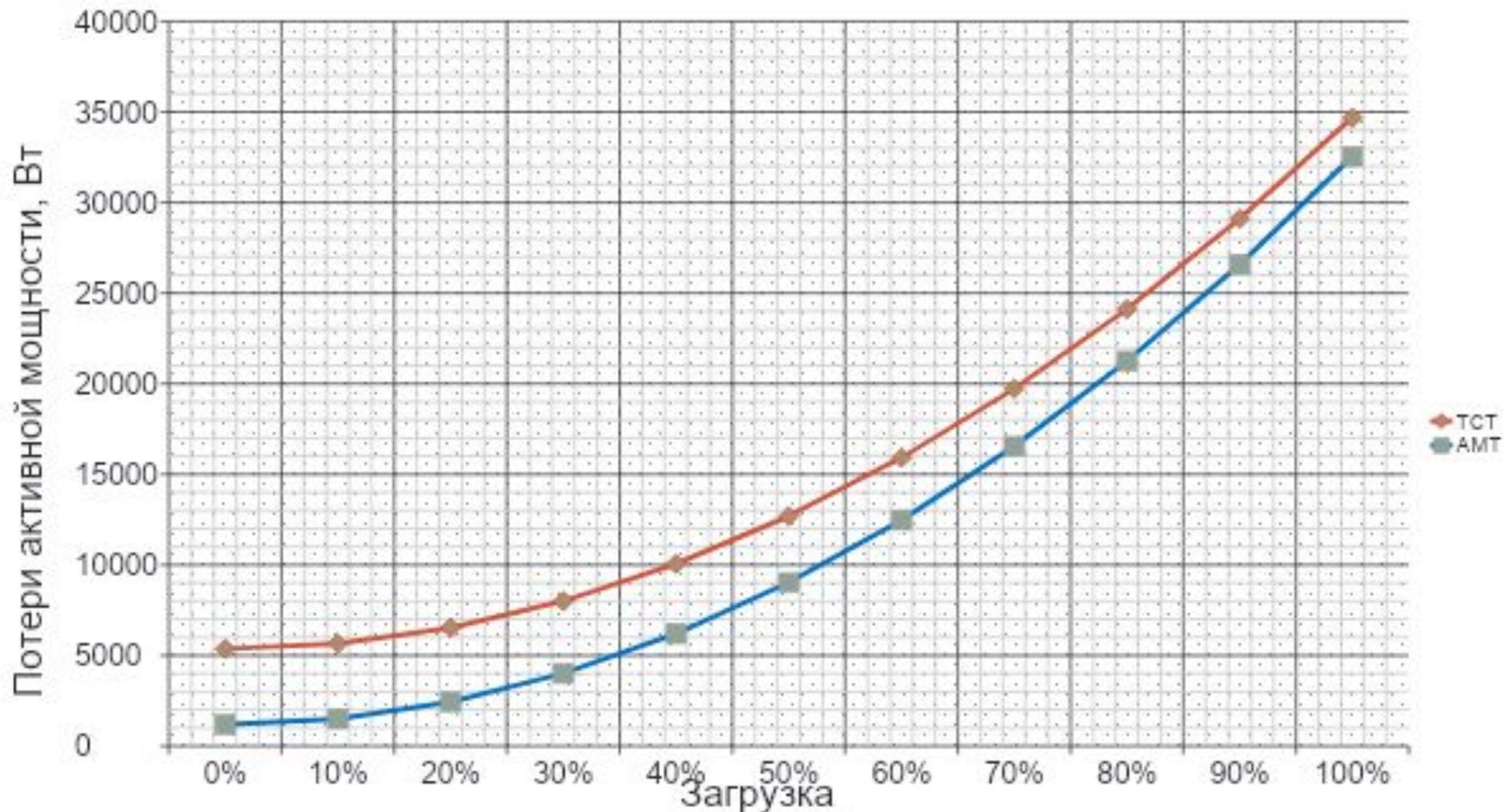
ТП-1	ТМ-400/10	АТМГ-400 /10
ТП-4	ТМ-160/10	АТМГ-160 /10
ТП-5	ТМ-400/10	АТМГ-400 /10
ТП-3	ТМ-1000/10	АТМГ-1000 /10
ТП-2	ТМ-100/10	АТМГ-100 /10
ТП-6	ТМ-100/10	АТМГ-400 /10
ТП-8	ТМ-250/10	АТМГ-250 /10
ТП-7	ТМ-100/10	АТМГ-100 /10

ТП	ТП-1	ТП-4	ТП-5	ТП-3	ТП-2	ТП-6	ТП-8	ТП-7
К <sub>загр</sub>	0,4	0,7	0,5	0,8	0,6	0,4	0,7	0,5

# Потери электроэнергии участка сети ОАО Самаранефтегаз с применением различных конструкций трансформаторов



# Потери активной мощности при одинаковой нагрузке трансформаторов участка сети ОАО Самаранефтегаз

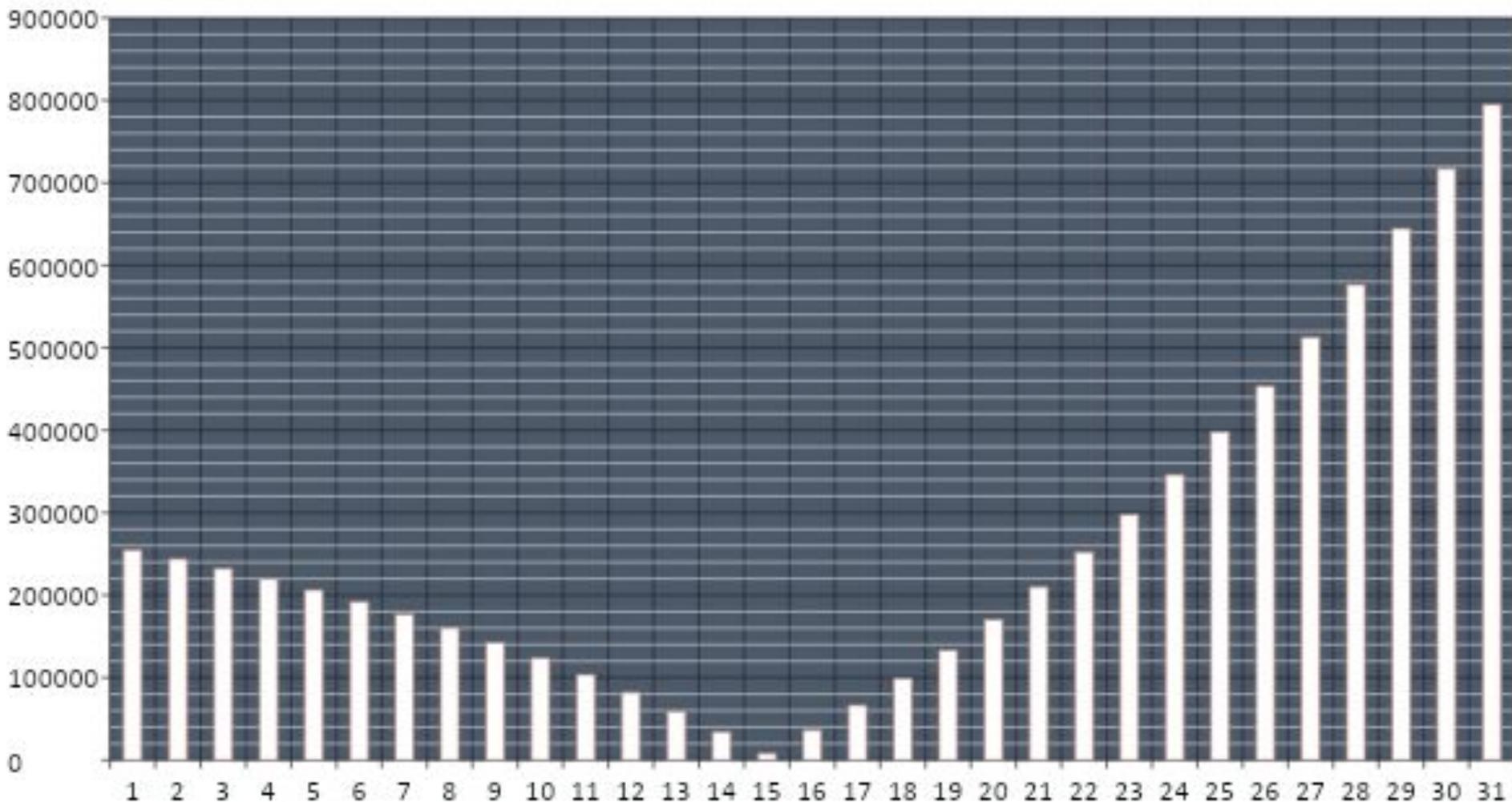


# Цены

Трансформатор	Производитель	Стоимость,руб
ТМ-400/10	ГК Электроцит	196 000
АТМГ-400/10	ГК Трансформер	254 800

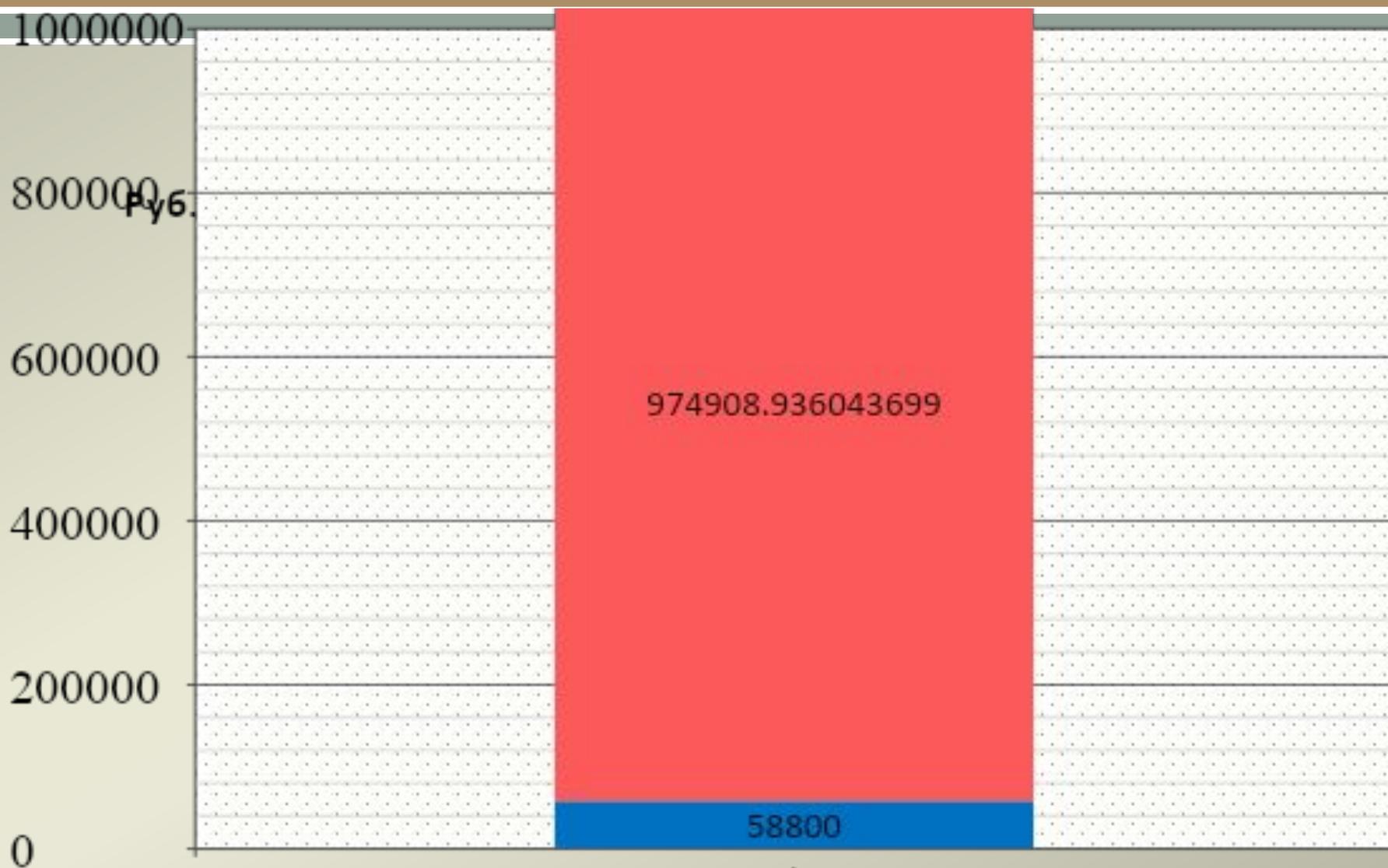
# Окупаемость АМТ

Стоимость, руб



Месяцный цикл, лет

# Экономия при использовании АМТ



# Преимущества трансформаторов с ВТСП обмотками

**Экономия  
электроэнергии**



- Снижение нагрузочных потерь при номинальном токе на 90%;
- Увеличение КПД трансформатора;
- Уменьшение массогабаритных показателей трансформатора до 40%;
- Ограничение токов короткого замыкания, что в аварийных режимах защищает электрооборудование сети;
- Большая перегрузочная способность без повреждения изоляции и старения трансформатора;
- Уменьшение уровня шума;
- Низкие потери холостого хода и короткого замыкания;
- Пожарная и экологическая безопасность.
- Мощность на охлаждение СПТ снижается в 20 раз по сравнению с обычными СТ.

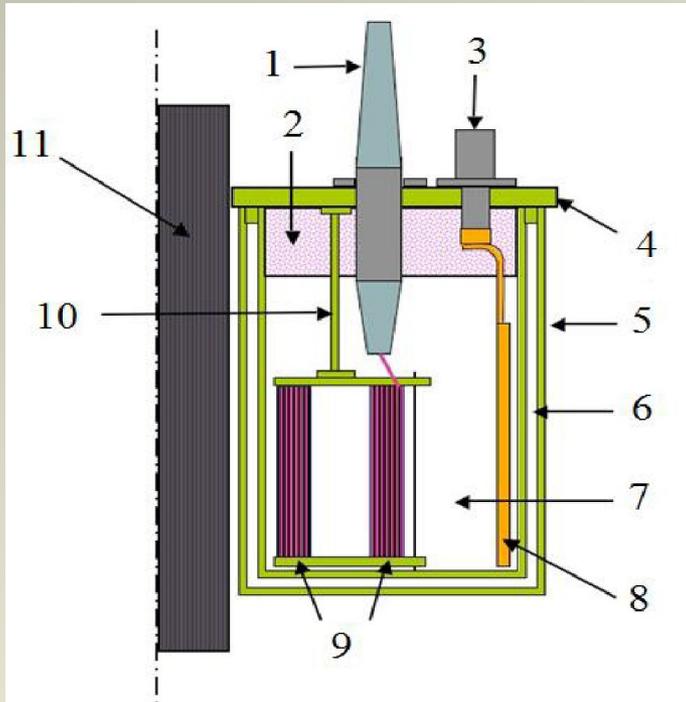
**Экономия  
из-за долгого  
срока службы**



Высокая надежность\*

\*по теоретическим расчетам  
и компьютерным экспериментам

# Трансформаторы с ВТСП обмотками

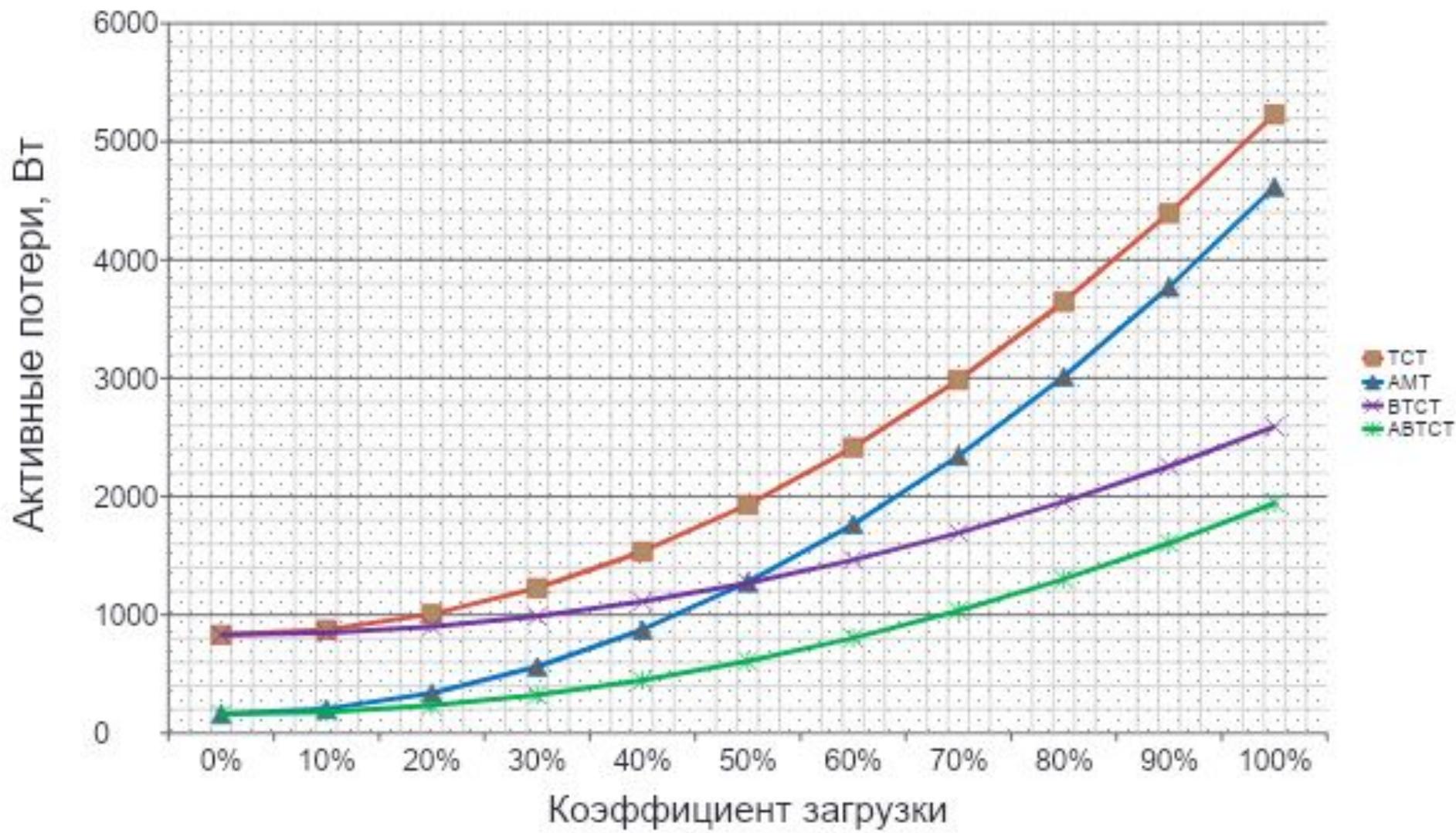


- 1 – токоввод первичной обмотки;
- 2 – газовая подушка;
- 3 – криокуллер;
- 4 – крышка;
- 5 – криостат;
- 6 – вакуум;
- 7 – жидкий азот;
- 8 – охлаждающая оболочка;
- 9 – обмотки;
- 10 – поддерживающая трубка;
- 11 – магнитопровод

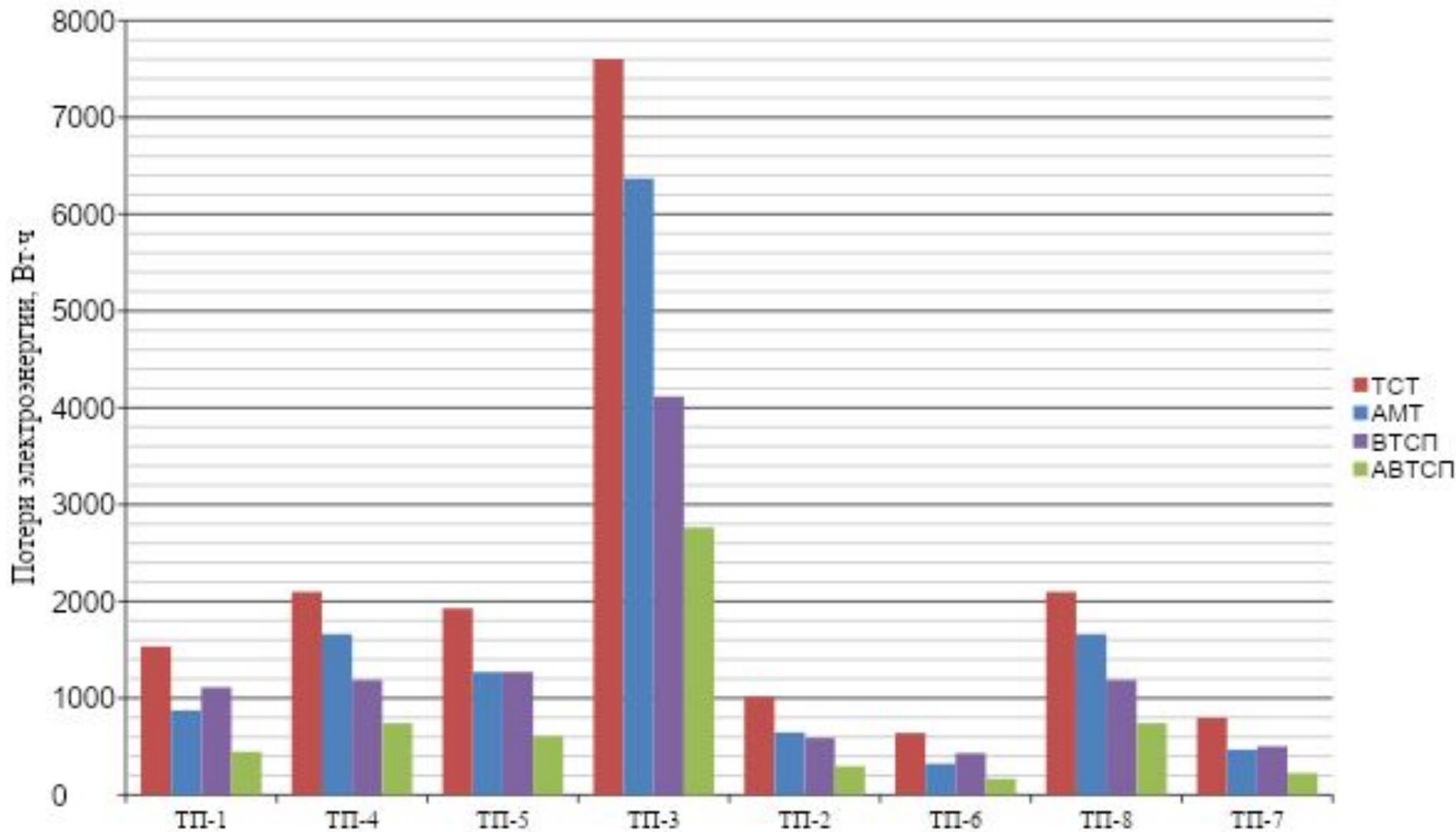
Схематическое устройство ВТСП трансформатора

**Новый тип силовых распределительных трансформаторов — с обмотками из ВТСП материалов — позволит существенно сократить нагрузочные потери. Такие энергоэффективные трансформаторы также уже используются за рубежом, а сейчас выходит на рынок и в нашей стран.**

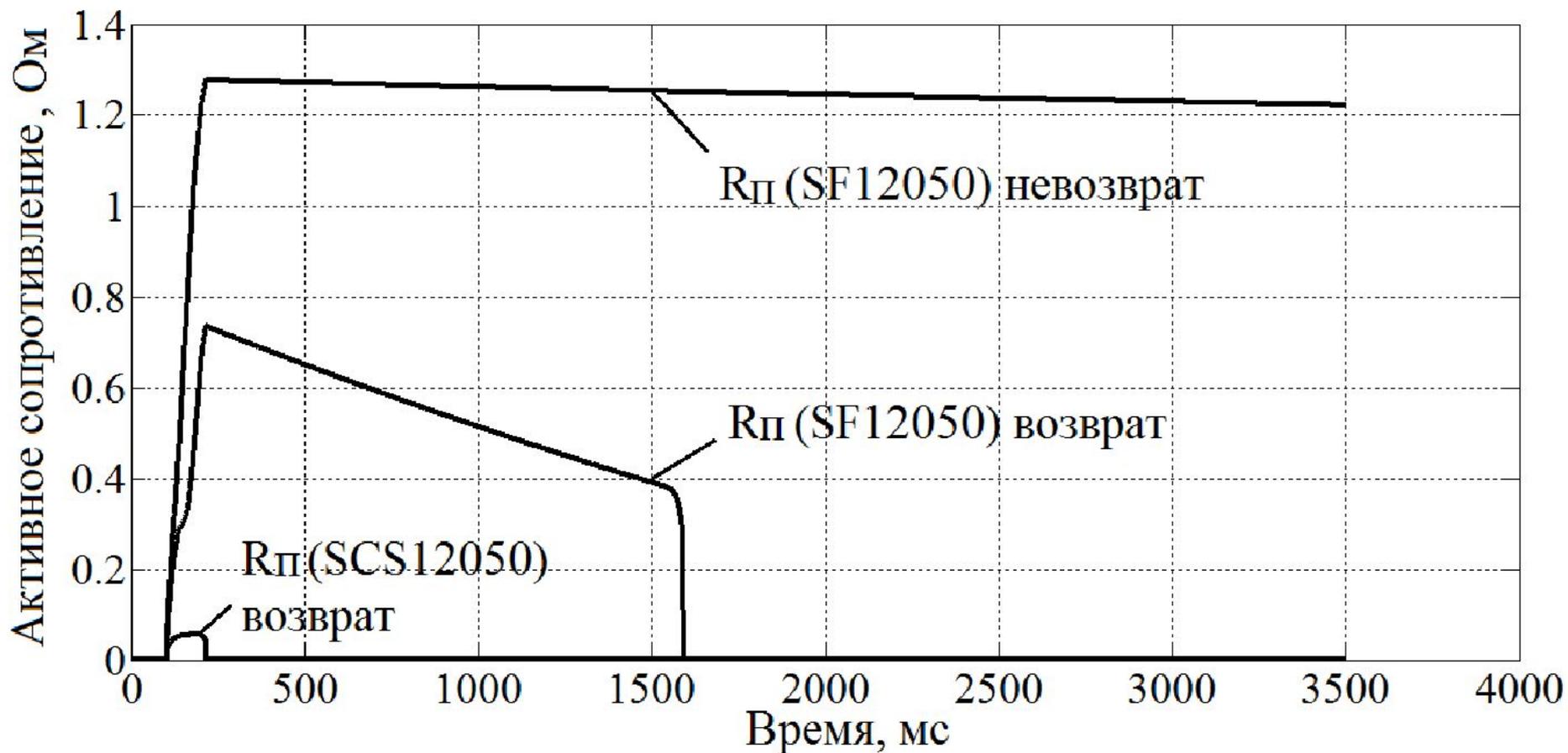
# Потери активной мощности трансформаторов 400/10 различного исполнения



# Потери электроэнергии участка сети ОАО Самаранефтегаз с применением различных конструкций трансформаторов



# Процессы перехода ВТСП провода второго поколения в нормальное состояние и возврата в СП состояние.



# Расчеты

1. Расчеты потерь в отдельных узлах на схеме:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot (k_3)^2$$
$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{xx}} + \frac{\Delta U_{\text{кз}\%}}{100} \cdot S_{\text{ном}} \cdot (k_3)^2$$
$$\Delta S = \sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}$$

2. Расчет режимов производился в ИАК «Пегас»

3. Расчет NPV:

$$NPV = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+D)} + \frac{CF_2}{(1+D)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1+D)^N}$$

4. Расчет денежных потоков:

$$A_t = \left( P_{\text{xx}} \cdot 8760 + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left( \frac{S_{\text{м}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau \right) \cdot \left( c + \left( \frac{(1+\Delta C)^{t-1}}{2} \right) \cdot c \right) \cdot t$$

Спасибо за внимание!

Доклад окончен.