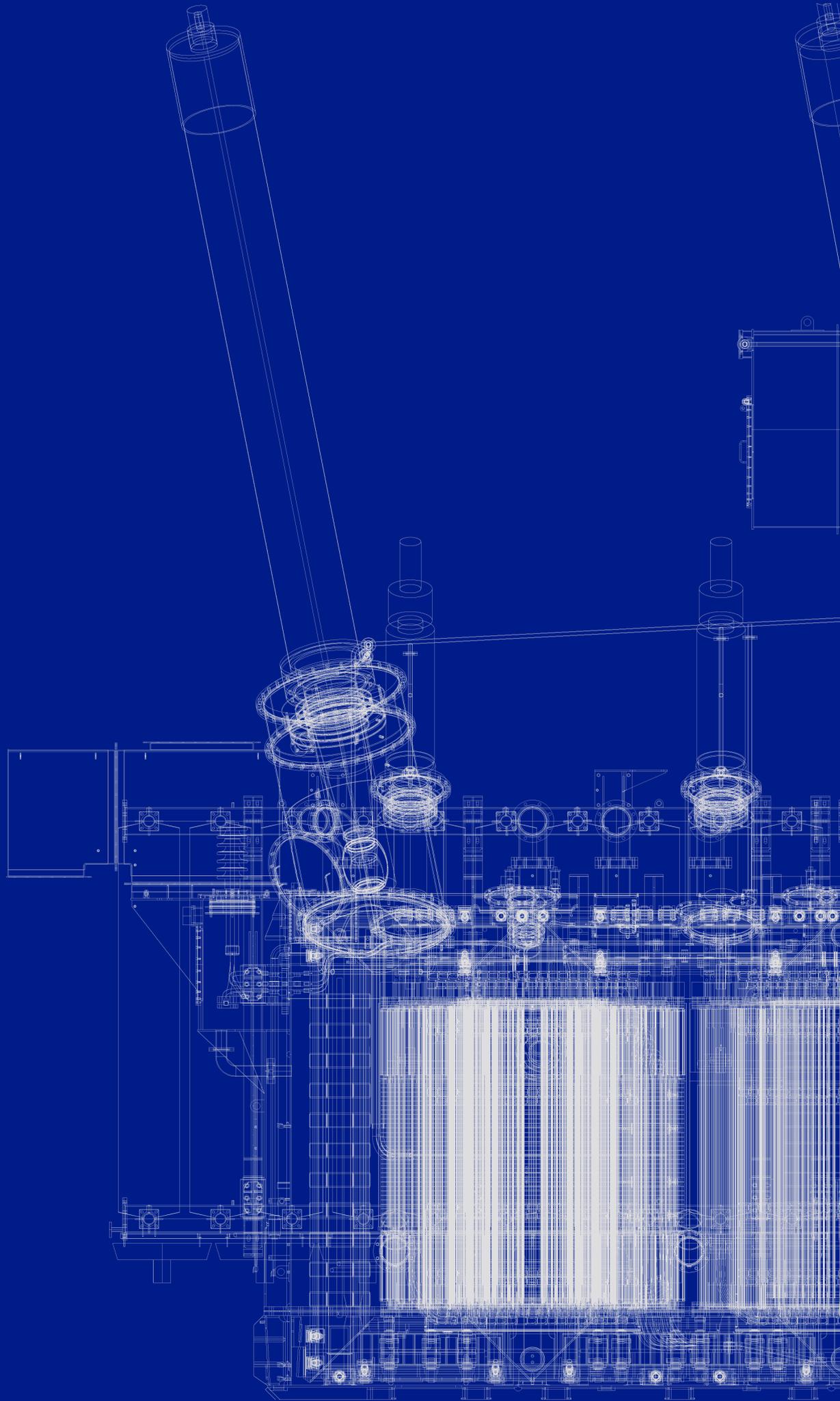
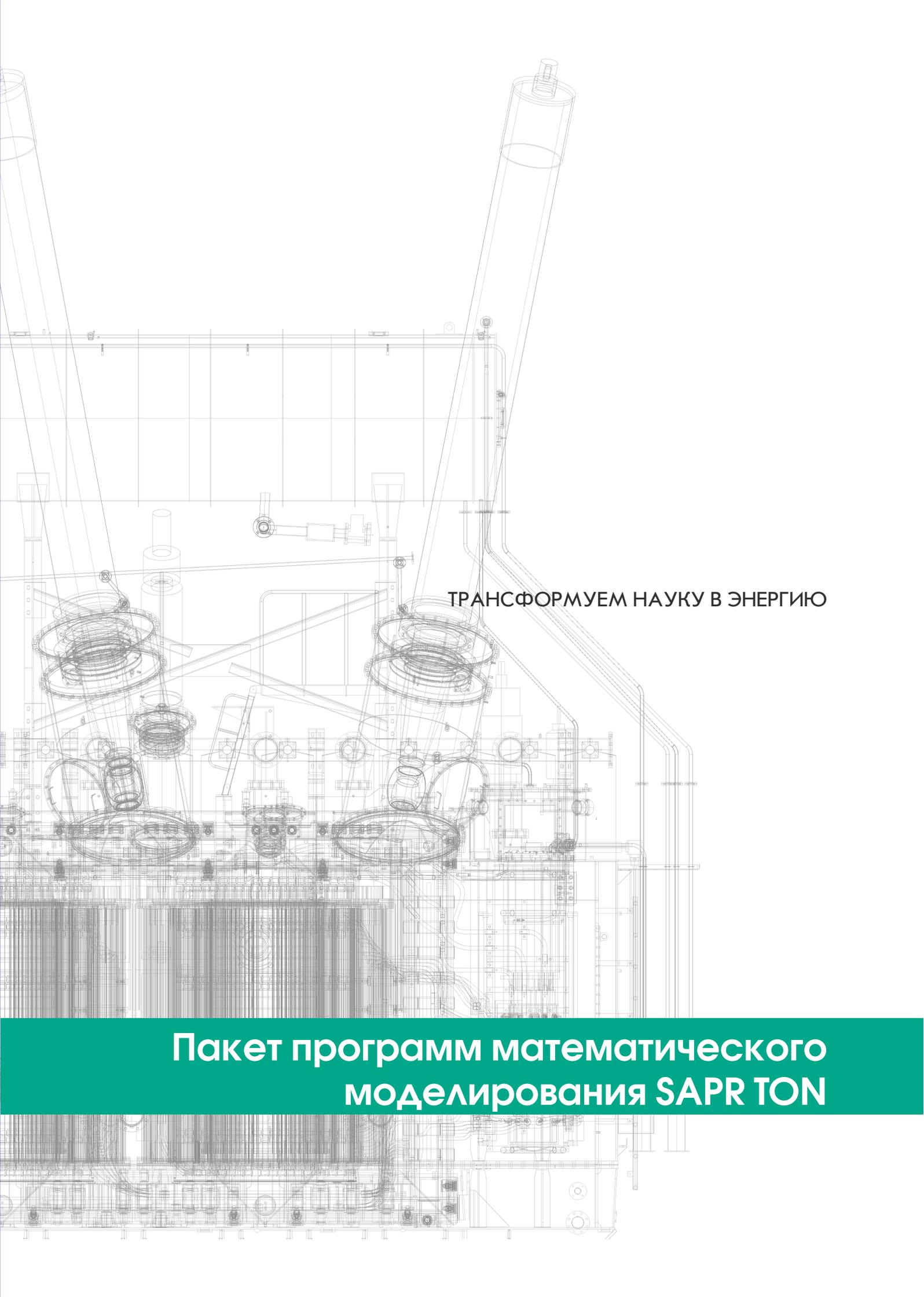


Пакет программ  
математического  
моделирования  
SAPR TON





ТРАНСФОРМУЕМ НАУКУ В ЭНЕРГИЮ

**Пакет программ математического  
моделирования SAPR TON**



Пакет программ математического моделирования SAPR TON предназначен для выполнения конструкторских исследований, оптимизации конструктивных решений и основных размеров, определения технических и экономических характеристик силовых трансформаторов и автотрансформаторов общего назначения.



## PRT

### Проектный синтез оптимальной конструкции трансформатора

Программа проектного синтеза конструкции трансформатора мощностью 2,500...1000 МВА напряжением 110—1150 кВ (сокращенно — PRT) может использоваться при выполнении проектных оптимизационных исследований силовых трансформаторов на стадиях тендерных предложений для выбора оптимального варианта трансформатора и определения его основных характеристик (основных размеров магнитной системы и обмоток, а также весовых, энергетических и экономических характеристик) по заданным конструктивной схеме, электрическим параметрам концентроров, размерам изоляционных промежутков, напряжению к. з. базовой пары обмоток, удельным электромагнитным нагрузкам.

Программа распространяется на одно и трехфазные многообмоточные трансформаторы и автотрансформаторы с плоскошихтованным магнитопроводом, винтовыми, цилиндрическими (в т. ч. регулировочными), слоевыми и катушечными обмотками из прямоугольного медного или алюминиевого провода с вводом на конце или в середине, произвольно расположенными на одном или нескольких стержнях магнитопровода и произвольно соединенными. Обмотки могут также располагаться на боковых ярмах. Катушечные обмотки могут быть выполнены из 2-х типов проводов (зона из 2-го типа провода может быть расположена на конце (концах) обмотки, в середине или отстоящей от конца на заданном расстоянии). Катушки 2-й зоны могут быть расщепленными. Дополнительные зоны могут быть следующих видов: переплетенная зона комбинированного катушечного концентратора (I), входная зона из другого типа провода (E), регулировочная зона (R), зона с холостыми витками (C), для расщепленного концентратора с разными токами и напряжениями часть концентратора, принадлежащая другой стороне напряжения (S). Для расщепленных концентраторов возможно задание "косых" режимов ( $LV1 > HV$ ,  $LV2 > HV$ ), а также режима с расщепленными обмотками ( $LV1 > LV2$ ). В дополнительной зоне могут быть выполнены осевые каналы, их количество и размеры могут отличаться от осевых каналов в основной зоне. Радиальные охлаждающие каналы в двух зонах могут быть различными. Обмотки (обмотка) или ее дополнительная зона могут быть выполнены из конкретно заданных проводов, в этом случае реактансы могут отличаться от заданного допуска на  $U_{к.з.}$  В регулировочных обмотках ступени регулирования могут располагаться и в осевом и в радиальном направлениях. Обмотки могут быть выполнены из простого прямоугольного провода (REC), подразделенного провода (SUB), транспонированного провода без склейки или со склейкой (CTC). Материал провода определяется заданием удельного сопротивления при 20°C и может быть медь, либо алюминий, либо сплав меди. Для транспонированного провода предусмотрено задание дополнительной защитной изоляции (L — с левой стороны провода, R — с правой стороны провода и т. д.).

Программа обеспечивает возможность задания количества параллельных проводов в осевом и (или) радиальном направлениях, так же как количества катушек в концентре или слоев в многослойном концентре. В распечатке результатов выдается рисунок расположения обмоток на стержне, с указанием основных размеров обмоток и главных промежутков. Рассчитываются потери короткого замыкания, основные и добавочные потери от осевого и радиального поля во всех заданных режимах. Напряжение к. з. в режимах с пониженной мощностью может быть приведено как к большей так и к меньшей мощности сторон напряжения. Для трехобмоточных трансформаторов может задаваться несколько нормируемых напряжений к. з. Раскладку концентраторов программа осуществляет по первому заданному напряжению к. з. основного режима. При выполнении многовариантного расчета программа не заносит в таблицу рассчитанных вариантов те варианты, в которых главное значение  $U_{к.з.}$  не соответствует заданному нормированному  $U_{к.з.}$



Программа осуществляет следующие функции в диалоговом режиме:

- ввод исходных данных из таблиц, заполненных пользователем; проекты сохраняются в Рабочем архиве, ко всем параметрам всех таблиц с исходными данными даны пояснения и правила их заполнения (Help);
- контроль исходных данных и выдача диагностических сообщений;
- выполнение расчета одного или заданного количества вариантов;
- определение основных размеров магнитной системы и концентроров, выбор проводов и раскладка концентроров, расчет потерь х. х. и к. з., напряжений к. з., в заданных режимах, весовых характеристик, стоимости активных материалов, оценка средних перегревов концентроров и запасов радиальной устойчивости и прочности сжимаемых концентроров при к. з. для каждого варианта расчета;
- вывод исходных данных и результатов расчета на экран дисплея и на принтер;
- повторный расчет любого выбранного варианта из таблицы рассчитанных вариантов для получения подробных результатов расчета;
- справочная информация (в т. ч. сортаменты проводов, характеристики электротехнических сталей и др.) занесена в справочную базу данных и доступна для корректировки администратором системы.

Первоначальная сортировка рассчитанных вариантов в таблице основных характеристик вариантов производится по капитализированным затратам, Если таблица "Цены" не задана первоначальная сортировка вариантов в таблице производится по суммарному весу электротехнической стали и провода. Пользователю предоставляется возможность пересортировать их по любому из параметров таблицы, отобразить варианты с характеристиками, находящимися в заданных Пользователем пределах.

The screenshot displays the SAPR-TOR software interface. The top window shows the 'Общие данные' (General Data) dialog box with the following parameters:

Число фаз	Номинальная мощность, МВА	Частота, Гц	Тип системы охлаждения	Суммарные потери в отводах, кВт	Форма бака	Коэффициент мощности вторичной цепи
3	3000	50	ONAF		RECTANGULAR	

The bottom window shows a table of calculated variants (Варианты) with columns for various parameters:

N	Клп затр. в т.д.в.	Клп затр [%]	Спосм матер. [м.д.в.]	Спосм матер. [%]	Дс [мм]	Вс [Тл]	Рв [кВ/мм]	Рк [кВ/мм]	Рс [кВ/мм]	Сом [кА]	Спр [кА]	Сот+Сор [кА]	Сот [кА]	Нс [мм]	Нв [мм]	Тем.-оп.в. (в.с.С)	Таб.-масса (в.с.С)	Ксв	Р [кВ]	Uд [кВ]	Uт [%]	Uт [%]
1	919.24	103.68	919.24	103.68	415	1.66	41.72	0.51	51.02	0321	2277	0596	18199	929	1919	60	19.9	0.07	109.3	7.76	9	
2	919.2	102.34	919.2	102.34	415	1.66	42.82	0.5	51.02	0321	2277	0596	18199	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.68	9	
3	919.2	102.34	919.2	102.34	415	1.66	42.82	0.5	51.02	0321	2277	0596	18199	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.68	9	
4	919.2	102.34	919.2	102.34	415	1.66	42.82	0.5	51.02	0321	2277	0596	18199	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.68	9	
5	919.24	103.68	919.24	103.68	415	1.66	41.72	0.51	51.02	0321	2277	0596	18199	929	1919	60	19.9	0.07	109.3	7.76	9	
6	919.2	102.34	919.2	102.34	415	1.66	42.82	0.5	51.02	0321	2277	0596	18199	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.68	9	
7	920.39	102.58	920.39	102.58	415	1.66	43.05	0.51	51.07	0336	2277	0612	18268	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.84	9	
8	920.39	102.58	920.39	102.58	415	1.66	43.05	0.51	51.07	0336	2277	0612	18268	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.84	9	
9	923.42	102.92	923.42	102.92	415	1.66	41.76	0.5	51.06	0326	2243	0571	18264	929	1919	60	19.9	0.05	109.3	7.62	9	
10	911.41	101.58	911.41	101.58	415	1.66	42.56	0.49	51.04	0313	2243	0556	18137	929	1919	60	19.6	0.05	109.3	7.59	9	
11	913.6	101.83	913.6	101.83	415	1.66	43.05	0.5	51.06	0326	2243	0571	18264	929	1919	60	19.7	0.05	109.3	7.65	9	
12	913.6	101.83	913.6	101.83	415	1.66	43.05	0.5	51.06	0326	2243	0571	18264	929	1919	60	19.7	0.05	109.3	7.65	9	
13	920.39	102.58	920.39	102.58	415	1.66	41.88	0.5	51.06	0324	2262	0627	18238	929	1919	60	19.9	0.07	109.3	7.63	1	
14	920.39	102.58	920.39	102.58	415	1.66	42.88	0.49	51.14	0309	2226	0537	18109	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.55	9	
15	914.4	101.49	914.4	101.49	415	1.66	43.18	0.5	51.06	0324	2237	0562	18176	929	1919	60	19.7	0.07	109.3	7.6	9	
16	914.15	101.89	914.15	101.89	415	1.66	43.11	0.49	51.08	0316	2251	0567	18206	922	1912	60	19.7	0.07	109.3	7.65	9	
17	923.42	102.92	923.42	102.92	415	1.66	42.02	0.5	50.92	0324	2320	0645	18264	929	1919	60	19	0.08	109.3	7.71	1	
18	911.44	101.59	911.44	101.59	415	1.66	42.82	0.48	51.3	0309	2246	0555	18125	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.63	9	
19	911.44	101.59	911.44	101.59	415	1.66	42.82	0.48	51.3	0309	2246	0555	18125	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.63	9	
20	913.63	101.83	913.63	101.83	415	1.66	43.34	0.5	51.04	0324	2245	0570	18191	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.69	9	
21	923.42	102.92	923.42	102.92	415	1.66	42.02	0.5	50.92	0324	2320	0645	18264	929	1919	60	19	0.08	109.3	7.71	1	
22	911.44	101.59	911.44	101.59	415	1.66	42.82	0.48	51.3	0309	2246	0555	18125	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.63	9	
23	913.63	101.83	913.63	101.83	415	1.66	43.34	0.5	51.04	0324	2245	0570	18191	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.69	9	
24	913.63	101.83	913.63	101.83	415	1.66	43.34	0.5	51.04	0324	2245	0570	18191	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.69	9	
25	914.66	102.17	914.66	102.17	415	1.66	42.86	0.48	50.95	0317	2286	0603	18125	929	1919	60	19	0.05	109.3	7.62	9	
26	904.68	100.83	904.68	100.83	415	1.66	42.85	0.48	51.33	0302	2212	0513	18063	929	1919	60	19.6	0.05	109.3	7.54	9	
27	908.87	101.08	908.87	101.08	415	1.66	43.37	0.49	51.06	0317	2211	0528	18129	929	1919	60	19.7	0.05	109.3	7.79	9	
28	908.87	101.08	908.87	101.08	415	1.66	43.37	0.49	51.06	0317	2211	0528	18129	929	1919	60	19.7	0.05	109.3	7.79	9	
29	913.59	101.82	913.59	101.82	415	1.66	42.16	0.48	50.85	0313	2271	0504	18164	929	1919	60	19	0.07	109.3	7.58	9	
30	901.64	100.49	901.64	100.49	415	1.66	42.95	0.47	51.43	0296	2197	0494	18035	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.5	9	
31	923.42	102.74	923.42	102.74	415	1.66	42.47	0.48	51.96	0316	2196	0509	18101	929	1919	60	19.7	0.07	109.3	7.75	9	
32	907.41	101.14	907.41	101.14	415	1.66	43.6	0.48	52.07	0304	2200	0524	18125	922	1912	60	19.7	0.07	109.3	7.6	9	
33	923.42	102.92	923.42	102.92	415	1.66	42.02	0.5	51.02	0324	2320	0645	18264	929	1919	60	19	0.08	109.3	7.71	1	
34	911.44	101.59	911.44	101.59	415	1.66	42.82	0.48	51.3	0309	2246	0555	18125	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.63	9	
35	913.63	101.83	913.63	101.83	415	1.66	43.34	0.5	51.04	0324	2245	0570	18191	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.69	9	
36	913.63	101.83	913.63	101.83	415	1.66	43.34	0.5	51.04	0324	2245	0570	18191	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.69	9	
37	923.42	102.92	923.42	102.92	415	1.66	42.02	0.5	51.02	0324	2320	0645	18264	929	1919	60	19	0.08	109.3	7.71	1	
38	911.44	101.59	911.44	101.59	415	1.66	42.82	0.48	51.3	0309	2246	0555	18125	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.63	9	
39	913.63	101.83	913.63	101.83	415	1.66	43.34	0.5	51.04	0324	2245	0570	18191	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.69	9	
40	913.63	101.83	913.63	101.83	415	1.66	43.34	0.5	51.04	0324	2245	0570	18191	929	1919	60	19.7	0.08	109.3	7.69	9	
41	918.85	102.17	918.85	102.17	415	1.66	42.86	0.48	50.95	0317	2286	0603	18125	929	1919	60	19	0.05	109.3	7.62	9	
42	904.68	100.83	904.68	100.83	415	1.66	42.85	0.48	51.33	0302	2212	0513	18063	929	1919	60	19.6	0.05	109.3	7.54	9	
43	908.87	101.08	908.87	101.08	415	1.66	43.37	0.49	51.06	0317	2211	0528	18129	929	1919	60	19.7	0.05	109.3	7.79	9	
44	908.87	101.08	908.87	101.08	415	1.66	43.37	0.49	51.06	0317	2211	0528	18129	929	1919	60	19.7	0.05	109.3	7.79	9	
45	913.59	101.82	913.59	101.82	415	1.66	42.16	0.48	50.85	0313	2271	0504	18164	929	1919	60	19	0.07	109.3	7.58	9	
46	901.64	100.49	901.64	100.49	415	1.66	42.95	0.47	51.43	0296	2197	0494	18035	929	1919	60	19.6	0.07	109.3	7.5	9	



# ТОК

## Расчет токораспределения по обмоткам

### Назначение

Программа предназначена для определения токов и напряжений ветвей обмоток трансформаторов и автотрансформаторов в сложных многообмоточных, многопараллельных или последовательно-параллельных схемах в установившихся режимах работы. Кроме того, определяются индуктивности и реактансы ветвей, результирующие входные токи, входные импедансы, потребляемые мощности.

По геометрическим параметрам расположения обмоток и стержня и схеме электрического соединения обмоток (или частей обмоток) программа выполняет расчет: матрицы индуктивных параметров ветвей, с учетом влияния стержня с заданным значением магнитной проницаемости, токов ветвей и напряжения в узлах ветвей. В схеме соединения ветвей возможно задание нескольких источников питания (источники тока или напряжения), внешних элементов (сопротивления, индуктивности, емкосты).

В программе возможно выполнить расчет токораспределения между параллельными частями обмотки (групп катушек, проводов согласно схеме транспозиции), распределение тока на листовых и шинных обмотках, токов в обмотках многообмоточного трансформатора как при КЗ так и в номинальном режиме.

### Результаты расчета

Результатами расчета являются таблицы токов в ветвях, входных токов и сопротивлений, потребляемых мощностей и распределения напряжений по узлам.

Тип трансформатора: TRMP-8000/10.5-EGYPT  
SAPR TON  
Номер варианта: 3

Адрес: Входные данные и расчет (PRT) | Входные данные (САПР) | Расчеты (САПР) | Результаты (САПР) | Результаты в графическом виде (САПР)

Результаты (САПР)

- Электромеханические расчеты
  - [ТОК] Расчет токораспределения в обмотках
    - Общие входные данные
    - Промежуточные результаты (для контроля)
    - Режимные данные и результаты расчета
      - Режим 1 (CO-BO1+BO2)
      - Режим 2 (CO-BO1)
        - Входные данные
        - Результаты расчета
          - Ток в катушечных ветвях в режиме CO-BO1
          - Входной ток (от каждого источника напряжения) в режиме CO-BO1
          - Распределение напряжения по узлам схемы в режиме CO-BO1
          - Потребляемые мощности (от каждого источника напряжения) в режиме CO-BO1
          - Сопротивление короткого замыкания со стороны источника напряжения в режиме CO-BO1
          - Напряжение короткого замыкания со стороны источника напряжения в режиме CO-BO1
        - Режим 3 (CO-BO2)
        - Режим 4 (CO-BO1+BO2\_3F)
    - Распределение тока в центрах
    - [MPO] Расчет магнитного поля в обмотках
    - [PROB] Расчет потерь в обмотках
    - [PRM] Расчет распределения магнитного потока в магнитопроводе
    - [PIO] Расчет потерь и тока холостого хода трансформатора
    - [UKT] Расчет номинальных напряжений и коэффициентов трансформации
    - [RKZ] Расчет сопротивлений к.з. пар обмоток
    - [ZO] Расчет сопротивлений нулевой последовательности токораспределения в обмотках
    - [PBT] Расчет потерь в баке
    - [PCT] Расчет потерь в элементах конструкции
    - [OST] Оптимизация схемы транспозиции
    - [TRF] Расчет паразитных процессов в трансформаторе
  - Высоковольтные расчеты
  - Экономические расчеты
  - Тепловые расчеты
  - Механические расчеты

Ток в катушечных ветвях в режиме CO-BO1

Номер ветви	Количество витков	Активное сопротивление, мОм	Модуль тока, А	Фаза тока, град.	Активная составляющая, А	Реактивная составляющая, А
A1	19	0.844929	24100.81	94.16927	-1752.21	24037.03
A2	33	2.882366	1.17904E-011	-76.44318	2.763781E-012	-1.146189E-011
A3	95.00001	85.25767	1450.263	-86.32261	93.65916	-1457.256
A4	179	160.6434	1450.263	-86.32261	93.65916	-1457.256
A5	14	12.56429	1450.263	-86.32261	93.65916	-1457.256
A6	14	12.56429	2085.99	-76.65581	481.4471	-2029.671
A7	179	160.6434	130.7349	-80.33997	21.93753	-128.8812
A8	95.00001	85.25767	130.7349	-80.33997	21.93753	-128.8812
A9	14	12.56429	130.7349	-80.33997	21.93753	-128.8812
A10	14	12.56429	2085.99	103.3442	-481.4471	2029.671



Тип трансформатора : TRMP-9000/10.5-EGYPT  
SAPR TON  
Номер варианта : 3

Архив | Входные данные и расчет (PRT) | Входные данные (САПР) | Расчеты (САПР) | Результаты (САПР) | Результаты в графическом виде (САПР)

Результаты (САПР)

- Электромеханические расчеты
  - [ТОК] Расчет токораспределения в обмотках
    - Общие входные данные
    - Промежуточные результаты (для контроля)
    - Режимные данные и результаты расчета
      - Режим 1 (CO-BO1+BO2)
      - Режим 2 (CO-BO1)
        - Входные данные
        - Результаты расчета
          - Ток в катушечных ветвях в режиме CO-BO1
          - Входной ток (от каждого источника напряжения) в режиме CO-BO1
          - Распределение напряжения по узлам схемы в режиме CO-BO1
          - Потребляемые мощности (от каждого источника напряжения) в режиме CO-BO1
          - Соприотвление короткого замыкания со стороны источников напряжения в режиме CO-BO1
          - Напряжение короткого замыкания со стороны источников напряжения в режиме CO-BO1**
      - Режим 3 (CO-BO2)
      - Режим 4 (CO-BO1+BO2\_3F)
    - Распределение тока в концентраторах
  - [MPO] Расчет магнитного поля в обмотках
  - [PBO] Расчет потерь в обмотках
  - [PRM] Расчет распределения магнитного потока в магнитопроводе
  - [PIO] Расчет потерь и тока холостого хода трансформатора
  - [UKT] Расчет номинальных напряжений и коэффициентов трансформации
  - [RKZ] Расчет сопротивлений к.з. пар обмоток
  - [SO] Расчет сопротивления нулевой последовательности/токораспределения в обмотках
  - [PBT] Расчет потерь в баке
  - [PCT] Расчет потерь в элементах конструкции
  - [OST] Оптимизация схемы трансформации
  - [TRP] Расчет переходных процессов в трансформаторе
- Высовольтные расчеты
- Экономические расчеты
- Тепловые расчеты
- Механические расчеты

Напряжение короткого замыкания со стороны источников напряжения в режиме CO-BO1, %  
(приведено к мощности 1.3550 МВА)

Имя источника напряжения	Модуль (Z)	Активная составляющая (R)	Реактивная составляющая (X)
U4CO-NOM	0.114447	0.5898114	0.092982

Тип трансформатора : TNCP-17000  
SAPR TON  
Номер варианта : 4

Соединения ветвей обмоток

- Ветвь C1\_1
- Ветвь C2\_1
- Ветвь C3\_1
- Ветвь C4\_1
- Ветвь C5\_1
- Ветвь C6\_1
- Ветвь C7\_1
- Ветвь C8\_1
- Ветвь C9\_1
- Ветвь C10\_1
- Ветвь C11\_1
- Ветвь C12\_1

Расчетная схема 1 (NAGR\_NOM)



# MPO

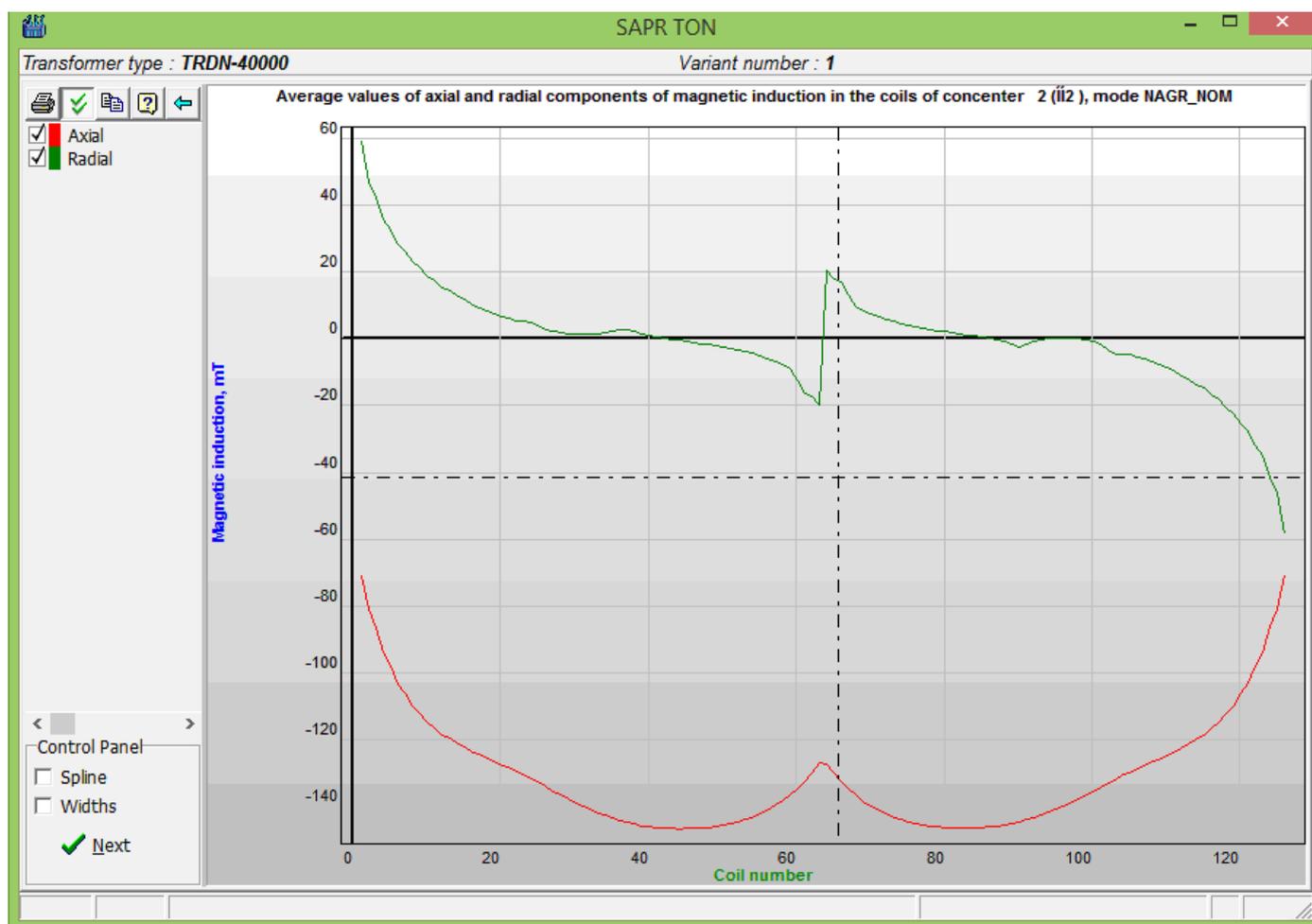
## Расчет магнитного поля обмоток

### Назначение

Программа предназначена для определения составляющих индукции магнитного поля в катушках обмоток силовых трансформаторов с использованием осесимметричной, закрытой плоско — параллельной и открытой плоско — параллельной расчетных моделей поля.

### Результаты расчета

Результатами расчета являются таблицы и графики осевой и радиальной составляющих индукции поля рассеяния на трех образующих каждой катушки каждого концентратора во всех заданных режимах.





## POB

### Расчет основных и добавочных потерь в обмотках

#### Назначение

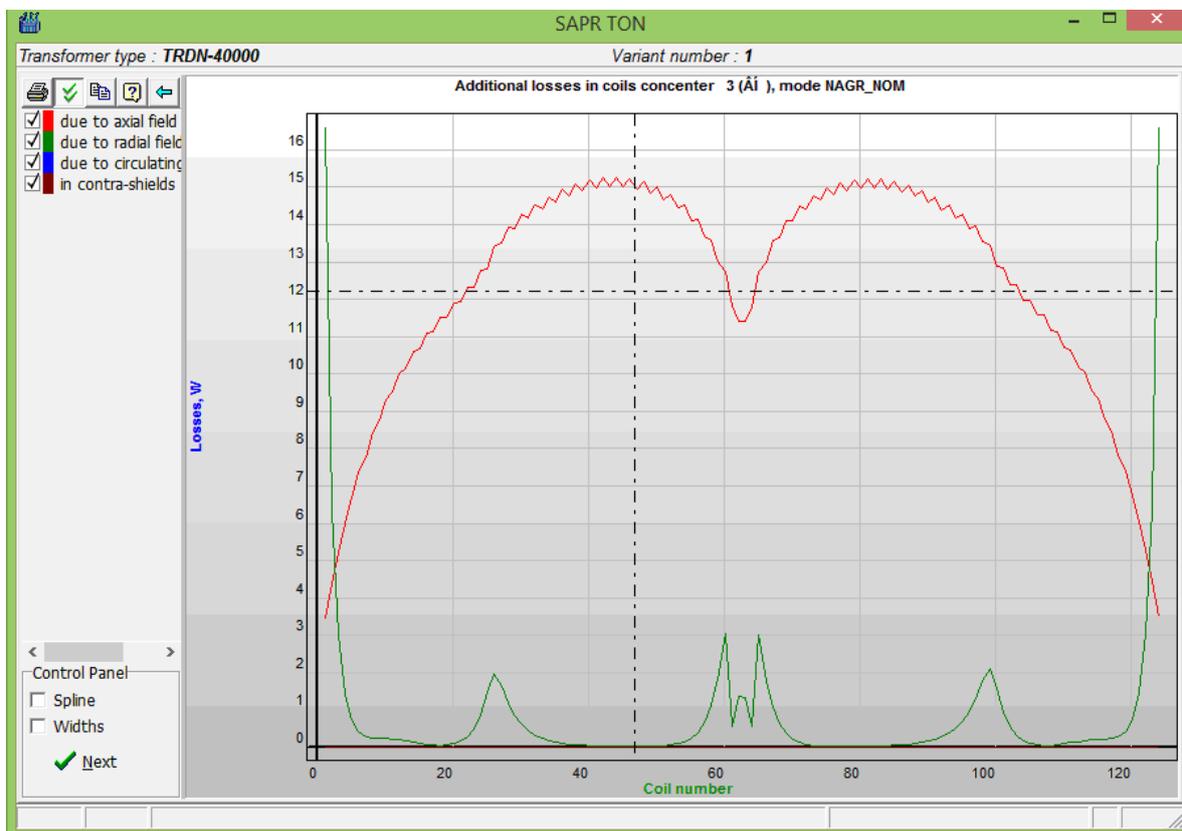
Программа предназначена для определения основных и добавочных потерь в обмотках силовых трансформаторов.

Программа позволяет:

- рассчитывать основные потери для каждого режима в каждом центре в целом и по его катушкам;
- рассчитывать добавочные потери от осевой и радиальной составляющих поля рассеяния для каждого режима в каждом центре в целом и по его катушкам;
- рассчитывать добавочные потери от циркулирующих токов для каждого режима в каждом центре в целом и по его катушкам;
- рассчитывать суммарные потери для каждого режима в каждом центре в целом и по его катушкам;
- рассчитывать суммарные потери в катушках и центрах для составных режимов, которые могут использоваться для расчета потерь при несинфазных или несинусоидальных токах (с учетом высших гармоник).

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются таблицы и графики распределения основных и добавочных потерь от продольной и поперечной составляющих поля и от циркулирующих токов, а также суммарных потерь в центрах и катушках во всех заданных режимах.





# PRM

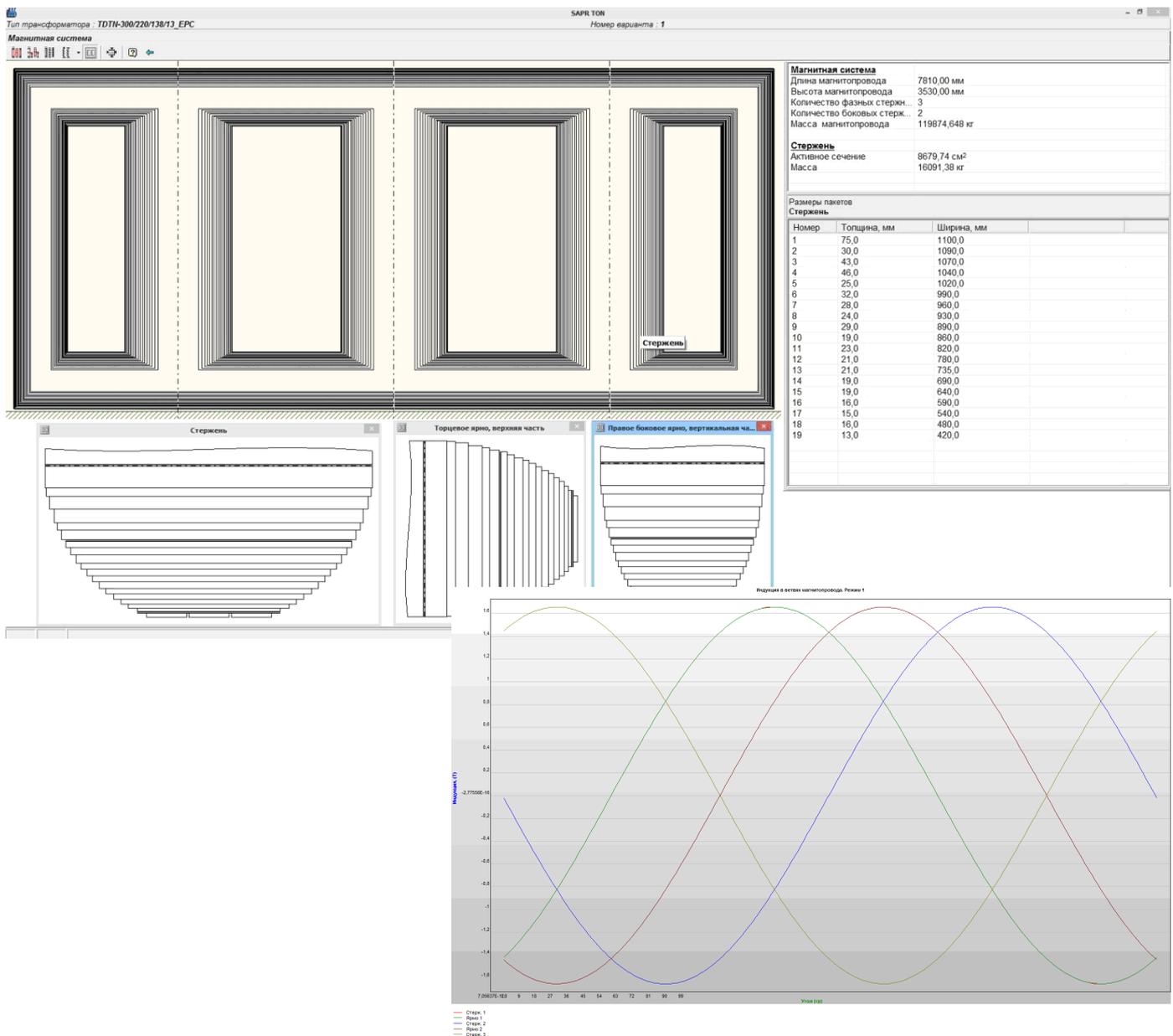
## Расчет распределения основного магнитного потока

### Назначение

Программа позволяет выполнять расчет распределения основного магнитного потока в пакетах магнитопровода в установившемся режиме холостого хода трансформатора. Позволяет определить распределение магнитного потока для трансформаторов с разветвленной магнитной системой (трехфазных и однофазных с боковыми ярмами).

### Результаты расчета

Результатами расчета являются таблицы амплитудных значений индукций в пакетах ветвей магнитопровода, коэффициенты увеличения потерь от несинусоидальности формы потоков в ветвях магнитопровода, а также графики индукций в пакетах ветвей магнитопровода. Результат расчета используется для определения потерь и тока холостого хода.





# PIO

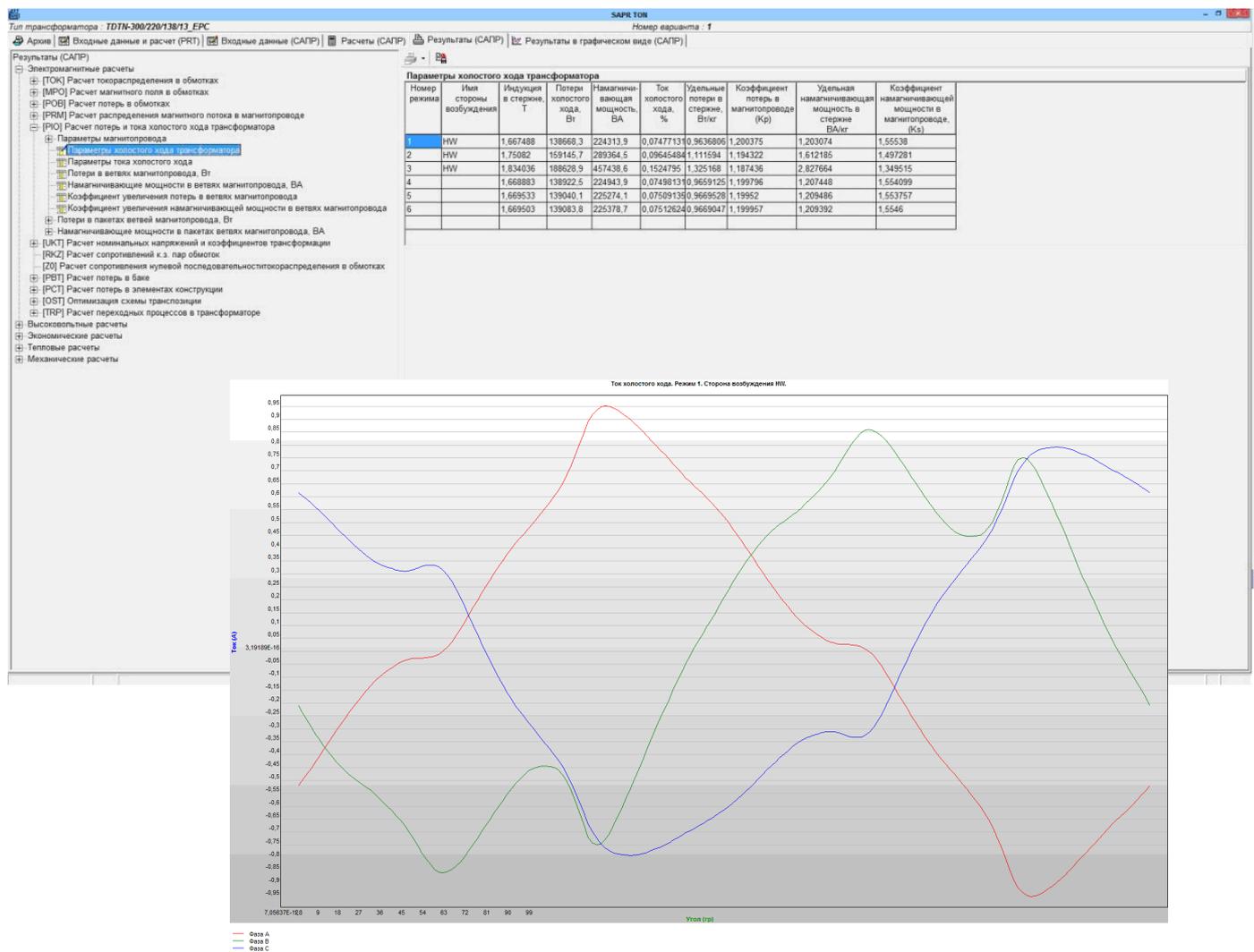
## Расчет потерь и тока холостого хода

### Назначение

Программа позволяет выполнять расчет массы магнитопровода, потери и намагничивающую мощность в ветвях магнитопровода, величину и форму намагничивающего тока холостого хода трансформатора. Программа учитывает марку стали, тип магнитопровода, размеры магнитопровода, схему шихтовки, распределение магнитного потока по основным элементам магнитной цепи трансформатора.

### Результаты расчета

Результатами расчета являются таблицы геометрических параметров ветвей магнитопровода, массы пакетов ветвей магнитопровода, потери и намагничивающие мощности в пакетах ветвей магнитопровода, значение тока холостого хода, а также графики намагничивающего тока холостого хода трансформатора.





## УКТ

### **Расчет номинальных напряжений и коэффициентов трансформации**

#### Назначение

По заданным числу ступеней, числам витков в ступенях регулирования, номинальным числам витков и напряжениям обмоток, программа рассчитывает фазные и линейные напряжения ХХ на вторичных обмотках и коэффициенты трансформации для всех положений переключателей для всех заданных пар обмоток. Предусмотрен расчет при наличии двух переключателей в разных обмотках.

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются таблицы номинальных напряжений, коэффициентов трансформации, допусков на коэффициенты трансформации.



## RKZ

### **Расчет сопротивления короткого замыкания обмоток**

#### Назначение

Программа рассчитывает сопротивление КЗ (индуктивную составляющую) пар обмоток трансформатора (автотрансформатора) при следующих предположениях: каждая обмотка состоит из одного или нескольких последовательно соединенных концентров, расположенных на одном или разных стержнях магнитопровода.

В пределах концентрической плотности ампервитков постоянна. Если эти допущения не выполняются, для расчета следует использовать программу ТОК.

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются сопротивления КЗ пар обмоток.



## Z0

### Расчет сопротивления нулевой последовательности

#### Назначение

Программа «Z0» предназначена для расчета сопротивлений нулевой последовательности трехфазных трансформаторов с магнитной системой без боковых ярм, имеющих хотя бы одну обмотку со схемой соединения «Yn» или «Zn».

#### Результаты расчета

Для трехфазных трансформаторов с магнитной системой 3/0, при наличии или отсутствии ферромагнитных шунтов на стенке бака, рассчитывается два значения сопротивления нулевой последовательности.

- Сопротивление нулевой последовательности токам нагрузки (с учетом ферромагнитных шунтов (в этом случае бак считается отсутствующим)).
- Сопротивление нулевой последовательности токам короткого замыкания без учета ферромагнитных шунтов (в этом случае учитывается размагничивающее влияние бака).



## РВТ

### Расчет потерь в баке

#### Назначение и возможности программы

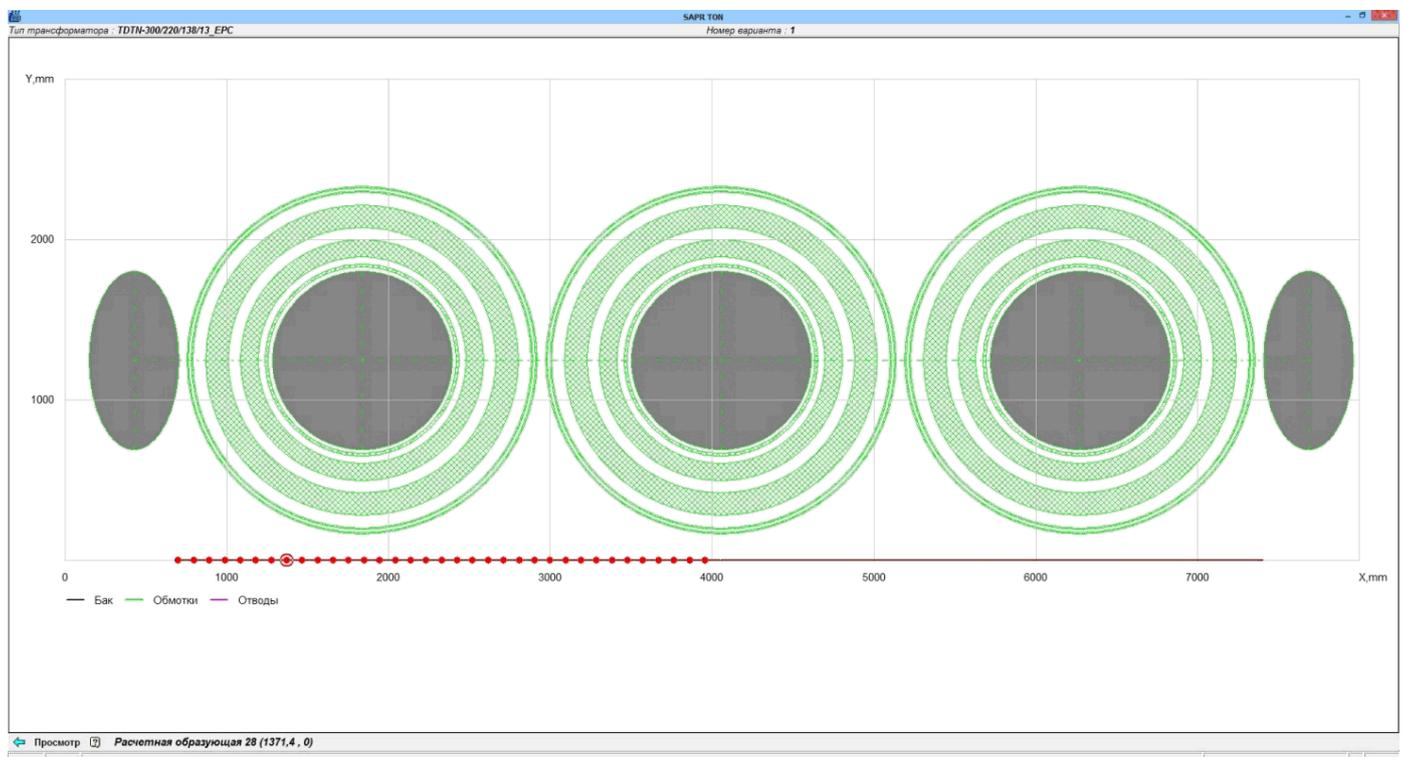
Путем суперпозиции осесимметричных магнитных полей всех стержней с обмотками и многоамперных отводов рассчитывается магнитное поле на стенке бака. Для каждой пространственной гармонике поля находится коэффициент влияния бака, учитывающий поверхностное сопротивление стенки бака. По величине касательной составляющей поля на баке рассчитываются удельные поверхностные потери, суммирование которых дает общие потери в баке. Влияние шунтов учитывается эмпирическим методом.

Так же программа выполняет расчет превышения температуры стенки бака над температурой масла, и распределение температуры по стенке бака.

#### Результаты расчета

Для каждого режима выводятся суммарные потери в баке, а также таблицы и графики распределения:

- среднеквадратичных индукций на поверхности бака;
- относительного распределения нормальной и касательной составляющих поля в узлах сетки на поверхности бака.
- Распределения превышения температуры стенки бака над температурой масла.





## PCT

### **Расчет суммарных добавочных потерь в элементах конструкции**

#### Назначение

Расчет суммарных потерь выполняется для двухобмоточных трансформаторов с одним и двумя концентрическими обмотками ВН, а также для трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов в режиме двух обмоток. Для каждого режима нагрузки суммарные потери в элементах конструкции определяются по эмпирическим формулам на основании коэффициентов, полученных опытным путем.

#### Результаты расчета

Результатами расчета является таблица "Суммарные добавочные потери по режимам".



# TRP

## Расчет переходных процессов

### Назначение

Программа предназначена для моделирования переходных режимов работы однофазных и трехфазных трансформаторов и трехфазных групп однофазных трансформаторов с произвольной схемой соединения обмоток трансформатора и с произвольным подключением внешних клемм трансформатора к источникам питающих напряжений и к нагрузкам. Программа может быть использована для определения:

- Токов включения трансформатора с произвольным включением и отключением однофазных и трехфазных источников напряжения;
- Переходных режимов связанных с включением и отключением различных типов нагрузок, в частности, короткого замыкания, конденсаторных батарей и пр.;
- Установившихся режимов с подсоединением различных типов нагрузок.

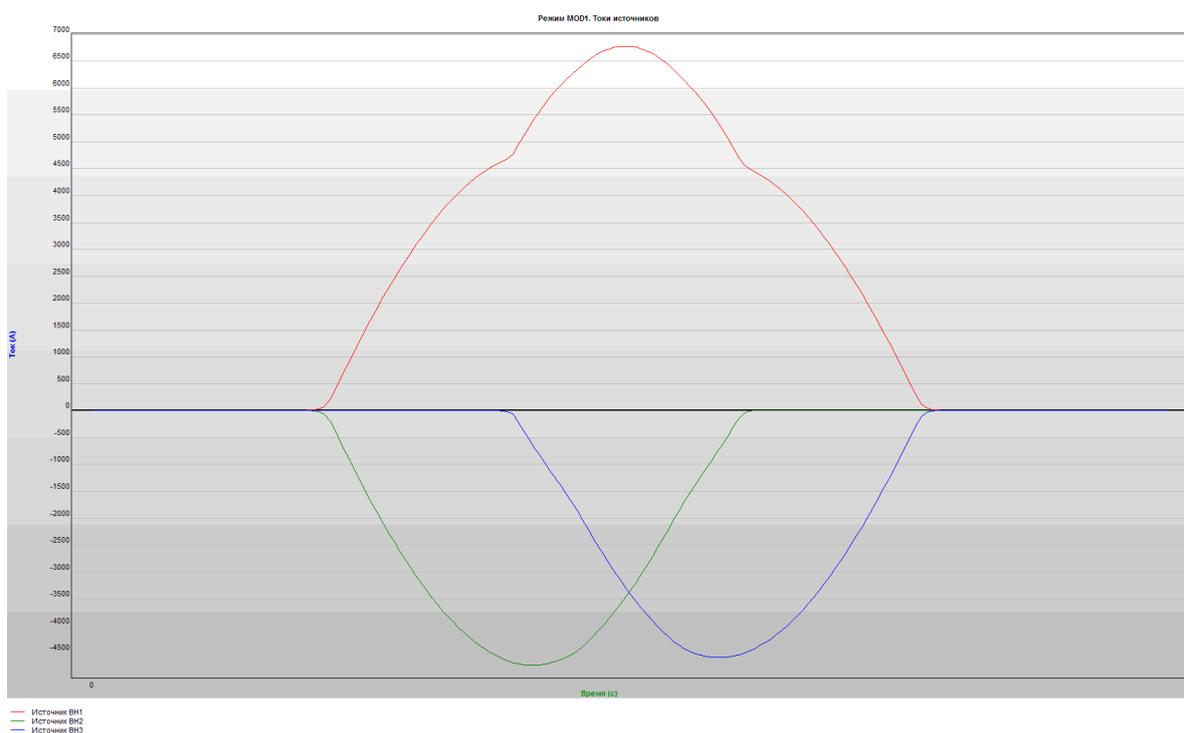
В программе предусмотрены два основных режима расчета:

- Установившийся режим, когда расчет начинается с установившихся периодических значений токов и напряжений во всех ветвях схемы.
- Режим включения, когда расчет начинается с включения источников напряжений. При этом начальные условия расчета могут быть как нулевыми, так и заданными пользователем в виде значений остаточных индукции, в стержнях магнитопровода, напряжений на конденсаторной батарее и пр.

Во всех режимах, в процессе расчета могут происходить коммутации источников напряжений и нагрузок. Этим определяется разнообразие расчетов переходных режимов трансформатора.

### Результаты расчета

Результатами расчета являются графики напряжения и токов источников, внешних нагрузочных ветвей, электрических ветвей трансформатора и индукции ветвей магнитопровода.



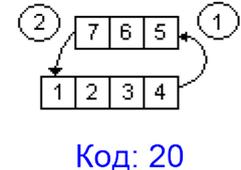
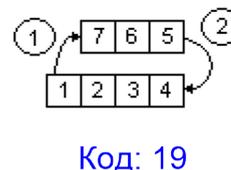
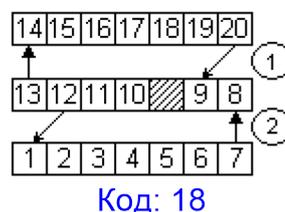
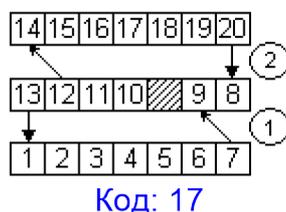
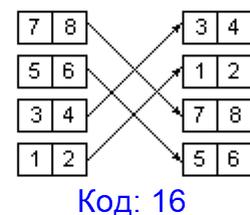
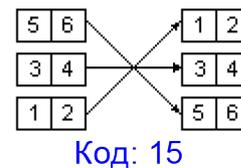
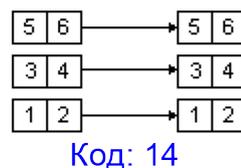
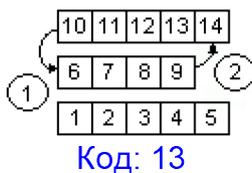
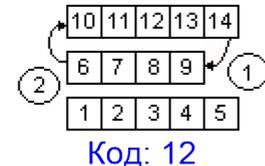
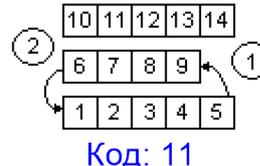
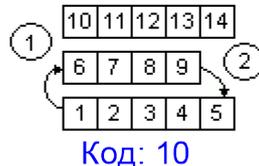
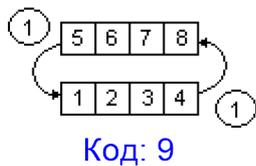
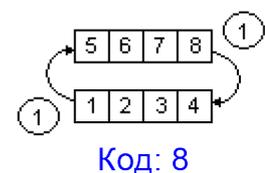
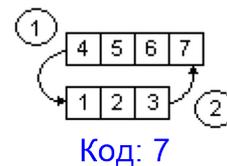
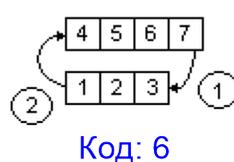
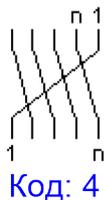
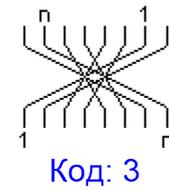
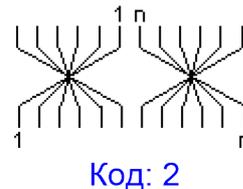
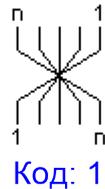
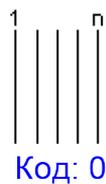


# OST

## Оптимизация схемы транспозиции

### Назначение

Программа OST предназначена для выбора оптимального расположения мест выполнения перекладок проводов в винтовых обмотках трансформаторов, автотрансформаторов и реакторов при заданной схеме транспозиций. Оптимальное решение определяется путем минимизации величины потерь от циркулирующих токов. Оптимизация выполняется для таких кодов схем перекладок:



### Результатами расчета являются:

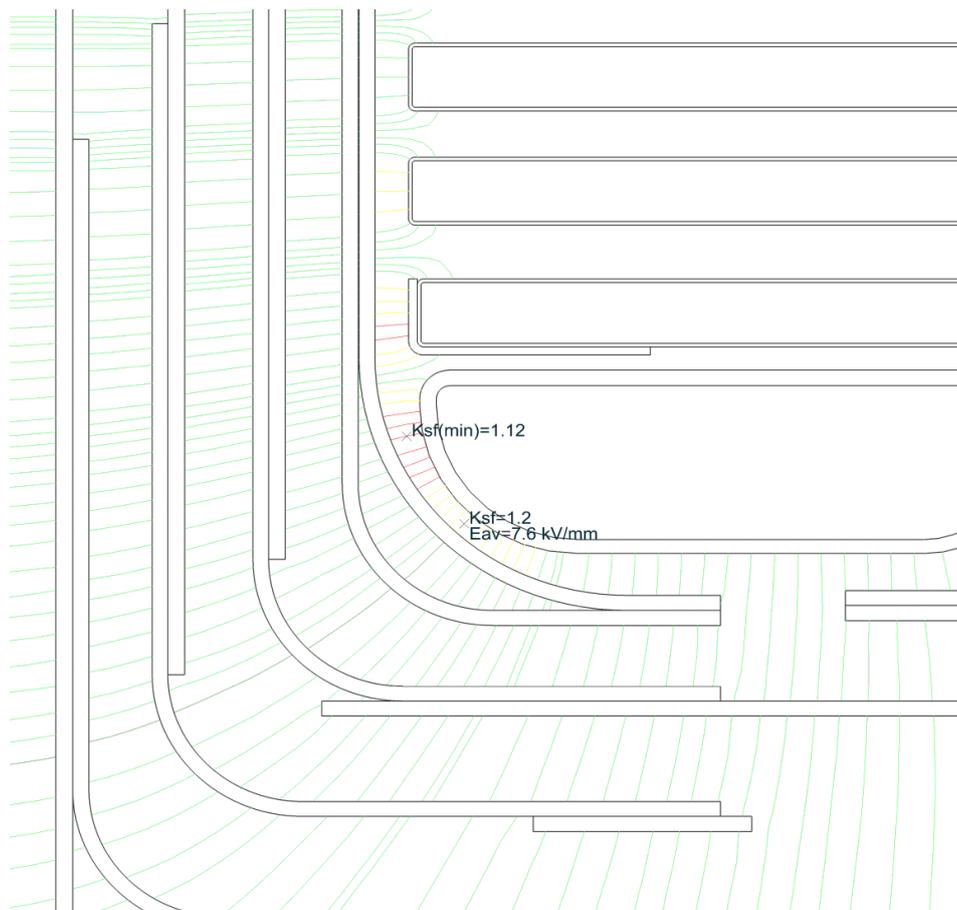
- потери в расчетной винтовой обмотке от циркулирующих токов до и после оптимизации, Вт;
- токи и потери в каждом проводе винтовой обмотки до и после оптимизации ;
- оптимальное расположение перекладок.



## EPC

### Назначение

Программный продукт EPC используется для расчета и проектирования главной изоляции трансформаторов классов напряжения от 110 до 1150 кВ. Расчет выполняется методом конечных элементов. При совместном использовании с прочностными базами данных Endins, Endins2, Midins, позволяет сформировать двухмерную (2-D) планарную или осесимметричную модели для проведения расчета электрического поля проблемной области изоляции трансформатора и выполнить оценку вероятности пробоя.



### Результаты расчета

Результатами расчета являются:

- распределение электрических потенциалов;
- распределение напряженности электрического поля;
- построение эквипотенциальных линий;
- построение силовых линий;
- вычисление коэффициентов запаса в изоляционной среде (при подключенных Endins, Endins2, Midins под средой понимается – трансформаторное масло) Коэффициенты запаса рассчитываются для полного грозового, коммутационного, одно минутного и одно часового видов испытаний;
- вычисление напряженности электрического поля: в точке, максимального и среднего значения вдоль силовой линии;
- расчет максимальной и тангенциальной составляющей напряженности электрического поля на поверхности элемента изоляции или вдоль заданного пользователем пути;
- локализация минимального коэффициента запаса.



## TCM

### Тепловой расчет системы охлаждения

#### Назначение

Программа позволяет выполнять расчет средней температуры масла в баке, температуры масла в верхних слоях и превышения этих температур над температурой охлаждающей среды, для заданных типов и количества радиаторов, заданных типов и количества вентиляторов, заданного расхода масла на один радиатор (охладитель). Если параметры и количества радиаторов, вентиляторов, охладителей, величина расхода масла не заданы, то эти параметры определяются автоматически в зависимости от типа системы охлаждения и от предельных значений температур масла и обмоток.

Расчет проводится для многоступенчатых радиаторных систем охлаждения и систем охлаждения с охладителями:

- ONAN – радиаторы.
- ONAF – радиаторы + вентиляторы.
- OFAF – охладители, или радиаторы + вентиляторы + насосы.
- OFWF – водяные охладители.
- ODAF – охладители, или радиаторы + вентиляторы + насосы.
- ODWF – водяные охладители.
- ODAN – радиаторы + насосы.
- ONAN/ONAF – радиаторы + вентиляторы.
- ONAN/OFAF – радиаторы + вентиляторы + насосы.
- ONAN/ONAF/ONAF – радиаторы + вентиляторы.
- ONAN/ONAF/OFAF – радиаторы + вентиляторы + насосы.
- ONAN/ODAN – радиаторы + насосы.
- ONAN/ODAF – радиаторы + вентиляторы + насосы.
- ONAN/ONAF/ODAF – радиаторы + вентиляторы + насосы.
- ONAN/ODAN/ODAF – радиаторы + вентиляторы + насосы.

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются: средняя температура масла в баке и температура верхних слоев масла в баке количество и расположение радиаторов и вентиляторов, количество панелей радиаторов, количество охладителей, расход масла для систем OD, OF.



## TCO

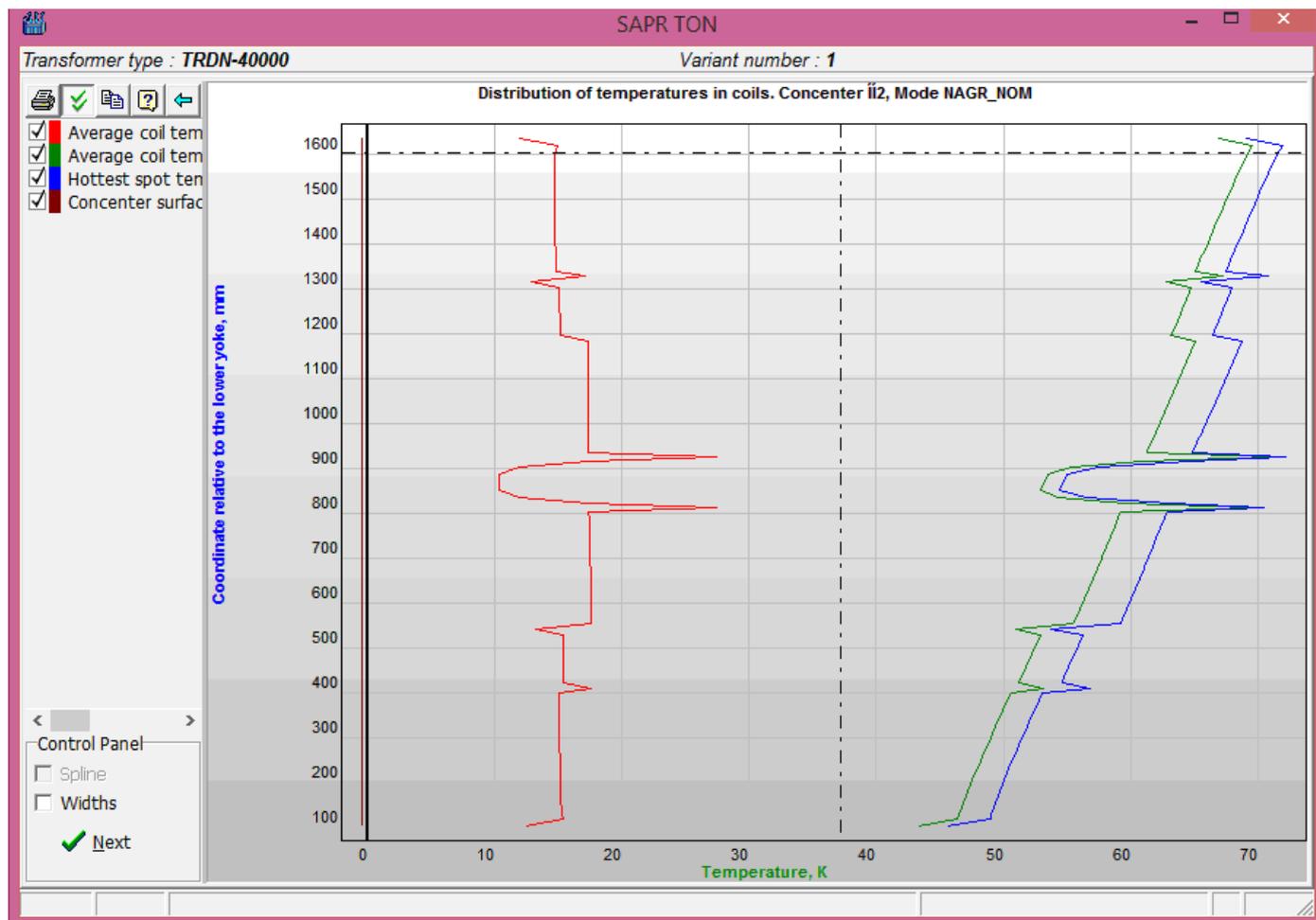
### Тепловой расчет обмоток

#### Назначение

Программа позволяет выполнять расчет плотности теплового потока катушек концентров, средние превышения температур катушек над окружающим маслом, средние превышения температуры обмоток над средней температурой масла, местонахождение и температура наиболее нагретой точки обмотки, средних превышений температур концентров над средней температурой масла. Расчет проводится для систем охлаждения ONAN, ONAF, OFAF и OFWF и систем охлаждения с направленной циркуляцией масла в осевых охлаждающих каналах концентров (ODAF и ODWF). Концентры могут быть катушечными, винтовыми и многослойными цилиндрическими, изготовленными из медных прямоугольных проводов.

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются: таблицы средних температура наиболее нагретого концентра, номер и средняя температура наиболее нагретой катушки, температура наиболее нагретой точки в концентре для каждого расчетного режима.





## TRM

### Тепловой расчет магнитопровода

#### Назначение

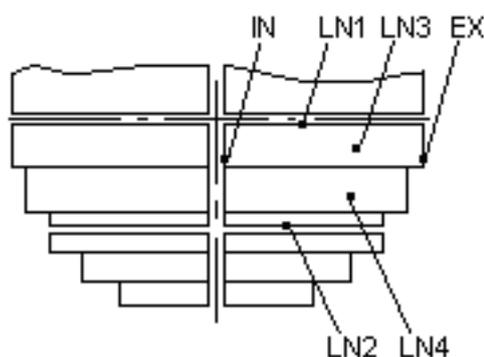
Программа позволяет выполнять расчет превышения температуры наиболее нагретых точек пакетов стержня, распределения температур в сечении стержня по группам пакетов, превышения температур верхних слоев масла в каналах стержня.

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются: температуры верхних слоев масла в охлаждающих каналах, превышения температуры поверхности стержня над температурой охлаждающей среды для всех групп пакетов, разделенных охлаждающими каналами, температуры наиболее нагретых точек внутри пакетов.

#### Пояснение.

Положение точки в сечении пакета.



- EX – на наружной торцевой стороне.
- IN – на внутренней торцевой стороне.
- LN1 – на ближайшей к продольной оси стороне, прилегающей к продольному каналу между пакетами.
- LN2 – на удаленной от продольной оси стороне, прилегающей к продольному каналу между пакетами.
- LN3 – на ближайшей к продольной оси стороне, прилегающей к продольному каналу внутри пакета.



## ТЕО

### Тепловой расчет отводов

#### Назначение

Программа позволяет выполнять расчет превышений средних температур отводов над температурой масла и над температурой охлаждающе среды.

#### Типы конструкций, охватываемых программой

Расчет проводится для систем охлаждения ONAN, ONAF, OFAF, OFWF, ODAF, ODWF для следующих типов участков отводов:

- участков отводов состоящих из прямоугольных изолированных проводников,
- участков отводов прямоугольного сечения,
- участков отводов круглого сечения,
- участков отводов из открытой трубы,
- участков внутренних отводов, состоящих из прямоугольных изолированных проводников,
- участков внутренних отводов прямоугольного сечения.

Отвода могут быть с постоянной и различной толщиной изоляции.

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются превышения средних температур отводов над температурой масла и над температурой охлаждающе среды.



## PGR

### Расчет допустимых систематических и аварийных перегрузок обмоток

#### Назначение

Программа PGR предназначена для расчета допустимых систематических нагрузок и аварийных перегрузок обмоток масляных трансформаторов с термическим износом изоляции по критерию Монтзингера. Расчет выполняется согласно стандарту IEC 60076-7:2005 Силовые трансформаторы-Часть 7: Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. Программа позволяет для всех заданных номинальных режимов нагрузки трансформатора определить следующие параметры двухступенчатых графиков нагрузки:

- Допустимые по условиям нормального термического износа изоляции и ограничений по температурам верхних слоев масла и ННТ обмоток значения кратностей систематических перегрузок K2 для заданных сочетаний кратности начальной нагрузки K1 и продолжительности перегрузки в расчетном диапазоне охлаждающей среды.
- Относительный суточный термический износ изоляции обмоток, превышения температур верхних слоев масла и ННТ обмоток над температурой охлаждающей среды, предельно допустимую по величинам температур верхних слоев масла и ННТ обмоток температуру охлаждающей среды для всех заданных двухступенчатых графиков аварийных перегрузок при заданной температуре окружающей среды.
- В режиме онлайн мониторинга рассчитывается температура верхних слоев масла, температура наиболее нагретой точки и износ изоляции для непрерывно меняющихся во времени температуры охлаждающей среды и величины нагрузки. Он может также использоваться и для расчета ступенчатых графиков нагрузки.

Расчетный диапазон изменения параметров задается пользователем, либо принимается по умолчанию. По умолчанию принимаются следующие значения:

Полный расчет допустимых систематических и аварийных перегрузок ведется при кратностях начальных нагрузок K1: 0.25; 0.4; 0.5 ; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0 и времени перегрузок K2: 0.5; 1; 2; 4; 6; 8; 12; 24 ч.

Полный расчет аварийных перегрузок производится при допустимых кратностях перегрузок K2 от 1 до 2 с шагом 0.1.

Температура охлаждающей среды от  $-20$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются допустимая кратность и продолжительность перегрузок K2, температуры верхних слоев масла и наиболее нагретой точки обмоток, износ изоляции и тепловая постоянная времени трансформатора для заданных режимов и графиков нагрузки. Для каждой таблицы результатов расчета есть графический HELP.



## VOZ

### Расчет высоты и шихтовального зазора обмоток

#### Назначение

Программа рассчитывает усадку картонных прокладок и бумажной изоляции обмоток на всех стадиях технологической обработки. Определяется необходимая высота столба прокладок в исходном состоянии, обеспечивающая заданный осевой размер обмотки в готовом трансформаторе. Определяется шихтовальный зазор верхнее ярмо - прессующее кольцо при сборке трансформатора.

Расчет выполняется методом итераций с использованием экспериментальных механических характеристик двух марок картона (обычный — с плотностью менее 1.15 г./куб.см. и уплотненный — с плотностью 1.25 г/куб. см) и двух марок бумаги (обычная и уплотненная). При расчете учитывается неравномерность сжатия межкатушечных прокладок по толщине.

Программа применима для трансформаторов, обмотки которых подвергаются предварительной термовакуумной обработке в запрессованном состоянии.

#### Результаты расчета

Результатами расчета являются высота столба прокладок в исходном состоянии и шихтовальный зазор верхнее ярмо - прессующее кольцо при сборке трансформатора.



## SND

### Расчет уровня звукового давления и уровня звуковой мощности

#### Назначение

Программа предназначена для расчета уровня звука трансформаторов. Программа применяется для выполнения расчетной части проектирования трансформаторов общего назначения, работающих на частоте 50 (60) Гц.

Расчет уровня звука трансформаторов распространяется на:

1) силовые однофазные трансформаторы общего назначения:

- с плоской шихтованной магнитной системой состоящей из одного стержня и двух боковых ярм;
- с плоской шихтованной магнитной системой состоящей из двух стержней и двух боковых ярм, с компенсационной обмоткой на одном из боковых ярм;
- с плоской шихтованной магнитной системой состоящей из двух стержней без боковых ярм;

2) силовые трехфазные трансформаторы общего назначения:

- со стержневой плоской шихтованной магнитной системой;
- с пятистержневой плоской шихтованной магнитной системой.

Учитывается возможность расчета трансформаторов с различными системами охлаждения, расчет производится в диапазоне номинальной индукции в стержне 1.2 — 1.8 Тл.

#### Результаты расчета

Результаты расчета: уровень звукового давления и уровень звуковой мощности на расстоянии от источника звука 0.3 м и 2 м.



