

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ**

И.М. Анохин, Н.М. Космынина

Научный руководитель – доцент Н.М. Космынина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Энергоснабжение газовых и нефтяных месторождений осуществляется от тепловых, атомных, гидравлических электростанций. Энергия, вырабатываемая генераторами электростанций, по токоведущим частям передается потребителям [1]. Конструктивно токоведущие части выполняются в виде комплектных экранированных токопроводов, гибких и жестких проводников (шин), кабельных линий.

Пофазно-экранированные комплектные токопроводы серий ТЭНЕ и ТЭНП на номинальные токи от 1600 до 33000 А с напряжением от 10 до 35 кВ предназначены для электрических соединений турбогенераторов мощностью до 1500 МВт с блочными трансформаторами и трансформаторами собственных нужд электростанций [2]. На рис.1 показан пример токопровода ТЭНЕ напряжением 6, 10, 20 кВ.

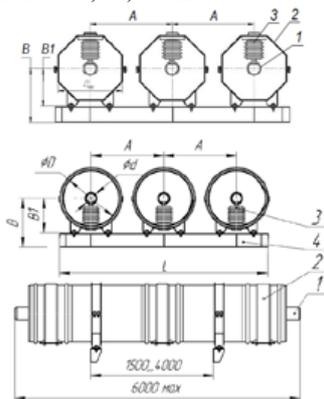


Рис. 1. Токопровод ТЭНЕ напряжением 6, 10, 20 кВ, 1 – шина токоведущая, 2 – оболочка-экран, 3 – изолятор, 4 – балка

Гибкие шины применяются в распределительных устройствах 35 кВ и выше. Предназначены они для простого и удобного монтажа или демонтажа в силовых и распределительных установках. Все они легко и просто принимают любую необходимую форму, что позволяет облегчить работу монтажника. На рис. 2. изображена гибкая плетеная шина.



Рис. 2. Гибкая плетеная шина

Для автоматизации выбора токопроводов и гибких шин в Национальном исследовательском Томском политехническом университете разработана специализированная программа в среде Microsoft Office - Excel.

Среди преимуществ Microsoft Excel наиболее значимые следующие: быстрота разработки программы; возможность автоматического пересчета всей программы при вводе новых исходных данных; высокая скорость расчета разработанного алгоритма; низкие требования программы к ресурсам компьютера; возможность расширения программы за счет новых компонентов и инструментов собственными средствами; возможность добавить новые листы [3].

В программе предусмотрен выбор комплектно-экранированных токопроводов для выводов турбогенераторов и сборных шин (гибкие шины) открытых распределительных устройств, имеющих присоединения в виде силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

Структурно в программе имеются следующие разделы (листы):

выбор комплектного пофазно-экранированного токопровода для выводов генератора, а также дополнительных электрических аппаратов с необходимыми проверками и методическими указаниями;

протокол выбора комплектного пофазно-экранированного токопровода для выводов генератора, а также дополнительных электрических аппаратов с необходимыми проверками;

выбор сборных шин с необходимыми проверками и методическими указаниями;

протокол выбора сборных шин с необходимыми проверками;

выводы трех типов двухобмоточных трансформаторов, присоединенных к сборным шинам, с необходимыми проверками ("Выводы Т1", "Выводы Т2", "Выводы Т3");

выводы трех типов автотрансформаторов, присоединенных к сборным шинам, с необходимыми проверками ("Выводы Т4", "Выводы Т5", "Выводы Т6");

выводы трех типов трехобмоточных трансформаторов, присоединенных к сборным шинам, с необходимыми проверками ("Выводы Т7", "Выводы Т8", Выводы Т9").

В качестве примеров на рис. 3 приведен скриншот из программы Excel выбора комплектного пофазно-экранированного токопровода для выводов генератора с необходимыми проверками и методическими указаниями; на рис. 4 – скриншот протокола выбора гибких шин с необходимыми проверками.

На каждом листе программы есть инструкции для пользователя с описанием необходимых исходных данных.

1. Выбор комплектного пофазно-экранированного токопровода									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Введите исходные данные в графу H									
Введите тип турбогенератора							ТГВ-200МТ		
Номинальная мощность турбогенератора, МВт					Pном		210		
Номинальное напряжение турбогенератора, кВ					Uном G		15,75		
Коэффициент мощности					cos φ		0,85		
Расчет максимального тока генератора									
Максимальный ток с учетом снижения									
напряжения на выводах турбогенератора, кА					I _{max G}		9,53313		
В графу I введите расчетное значение ударного тока									
трехфазного КЗ на выводах турбогенератора, кА							iуд		127
УСЛОВИЯ выбора пофазно-экранированного токопровода:									
1) номинальный ток токопровода=>максимального тока турбогенератора (I _{ном} =>I _{max G})									
2) номинальное напряжение токопровода=>номинального напряжения турбогенератора (U _{ном пров} =>U _{ном G})									
3) электродинамическая стойкость=>расчетного значения ударного тока трехфазного КЗ на выводах генератора (I _{дин} =>i _{уд})									
В графу I введите каталожные данные токопровода для турбогенератора:							ТГВ-200МТ		
Введите тип выбранного пофазно-экранированного токопровода							ГРТЕ-20-10000-300		
Номинальный ток токопровода, кА					I _{ном токопровода}		10		
Электродинамическая стойкость токопровода, кА					I _{дин токопровода}		300		
Номинальное напряжение токопровода, кВ					U _{ном токопровода}		20		
Проверка									
I _{ном токопровода, кА}					=>		I _{max G, кА}		

Рис.3. Скриншот выбора комплектного пофазно-экранированного токопровода для выводов генератора с необходимыми проверками и методическими указаниями

2. Выбор гибких шин									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Максимальный ток Т6, кА					I _{max 6}		0		
Максимальный ток Т7, кА					I _{max 7}		0		
Максимальный ток Т8, кА					I _{max 8}		0		
Максимальный ток Т9, кА					I _{max 9}		0		
Максимальный ток линии W1, кА					I _{max (W1)}		0,206354379		
Максимальный ток линии W2, кА					I _{max (W2)}		0,143301652		
Максимальный ток наиболее мощного присоединения, кА					I _{max}		1,840697631		
УСЛОВИЕ выбора провода:									
допустимый ток провода => тока наиболее мощного присоединения (I _{доп} => I _{max})									
Каталожные данные выбранных гибких шин									
Марка провода							АС 400/51		
Количество проводов в фазе							3		
Допустимый ток одного провода, кА					I _{доп 1}		0,705		
Выбранное сечение провода, мм ²					q		400		
Допустимый ток провода, кА					I _{доп}		2,115		
Проверка сечения на нагрев									
I _{доп}					=>		I _{max}		
2,115					=>		1,8407		
Проверка по условиям коронирования									
Напряжение РУ, кВ					220				
Марка провода					АС 400/51				
Проверьте по таблице 1 правильность выбранного провода									
Проверка шин слесывание									

Рис.4. Скриншот протокола выбора гибких шин с необходимыми проверками

Программа предусматривает все необходимые проверки токоведущих частей по продолжительным и аварийным режимам.

В настоящее время ведется внедрение программы в учебный процесс Томского политехнического университета.

Литература

1. Сибикин Ю. Д. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. Книга 1. Оборудование систем электроснабжения. - М.: РадиоСофт, 2015. - 348 с.
2. Техническая информация ТЭНЕ и ТЭНП 10, 20, 24, 35 кВ // МОСЭЛЕКТРО URL: <http://moselectro.ru/production/tokoprovody/tokoprovody-komplektnye-generatornogo-napryazheniya-tene-i-tenp-10-20-24-35-kv/> (дата обращения: 28.11.2017).
3. Электронные таблицы: определение, достоинства, Excel // Orientir 365 URL: <http://orientir365.ru/25-elektronnye-tablicy.html> (дата обращения: 06.12.2017).