

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор-директор ЭНИН

_____ В.М. Завьялов
« ___ » _____ 2017 г.

Никитин Д.С.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по курсу «Основы расчета и проектирования электроснабжения промыш-
ленных предприятий» для студентов IV курса,
обучающихся по направлению 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»

Издательство
Томского политехнического университета
2017

УДК 000000

ББК 00000

000

Никитин Д.С.

000 Основы расчета и проектирования электроснабжения промышленных предприятий: методические указания к выполнению индивидуальных заданий по курсу «Основы расчета и проектирования электроснабжения промышленных предприятий» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Д.С. Никитин. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 41 с.

УДК 000000

ББК 00000

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
<Электроснабжение промышленных предприятий > ЭНИН

Зав. кафедрой ЭПП

кандидат технических наук

_____ *В.М. Завьялов*

Председатель учебно-методической
комиссии

_____ *И.О. Фамилия*

Рецензент

д.т.н., доцент каф. Электроснабжение промышленных предприятий
С.Г. Обухов

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2017

© Никитин Д.С., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЦЕХА ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ КОЭФФИЦИЕНТА РАСЧЕТНОЙ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ПРОГРАММЕ «НАГРУЗКА» VER. 1.0.5.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЦЕХА И ПРЕДПРИЯТИЯ. ПОСТРОЕНИЕ КАРТОГРАММ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК	10

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЦЕХА ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ КОЭФФИЦИЕНТА РАСЧЕТНОЙ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ПРОГРАММЕ «НАГРУЗКА» VER. 1.0.5

Лабораторная работа №1 по курсу «Основы расчета и проектирования электроснабжения промышленных предприятий» направлена на изучение и практическое освоение метода коэффициента расчетной активной мощности

Краткое теоретическое введение

В практике проектирования систем электроснабжения применяют различные методы определения электрических нагрузок, которые подразделяются на основные и дополнительные. К основным следует отнести методы определения электрических нагрузок:

- по установленной мощности и коэффициенту спроса (метод коэффициента спроса);
- по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузки;
- по средней мощности и коэффициенту расчетной мощности (метод коэффициента расчетной активной мощности);
- по средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статистический метод).

К вспомогательным можно отнести методы определения электрических нагрузок: по удельному расходу электроэнергии на единицу выпускаемой продукции; по удельной нагрузке на единицу производственной площади.

С 1993 г. основным и обязательным нормативным документом по определению электрических нагрузок промышленных предприятий яв-

ляется РТМ 36.18.32.4-92, в основу которых положен модифицированный статистический метод (МСМ), который позволил избежать значительного завышения расчетной нагрузки за счет коррекции среднего значения групповой нагрузки. Указания, по расчету устанавливают порядок расчета электрических нагрузок по методу коэффициента расчетной активной мощности.

Расчетная активная мощность P_p – это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке I_p , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения.

Программа «Нагрузка» ver. 1.0.5 позволяет рассчитывать электрические нагрузки методом коэффициента расчетной активной мощности. Все базы приведены в формате Access 2000.

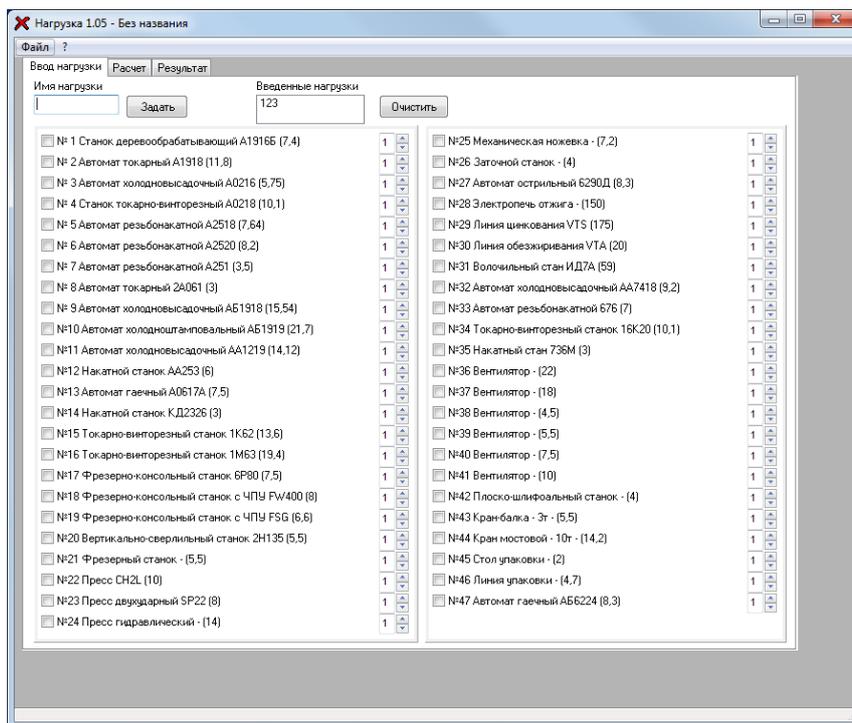


Рисунок 1 – Интерфейс программы «Нагрузка»

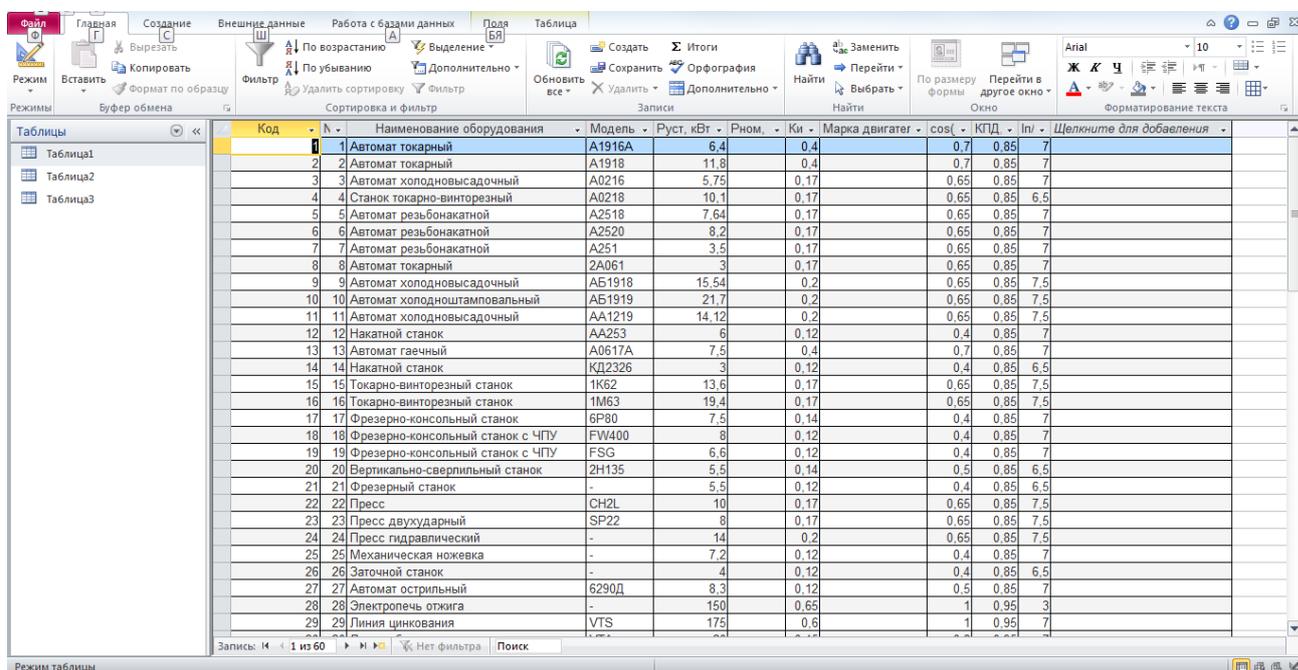
Ход работы

Задача – рассчитать электрическую нагрузку цеха (заданную по вариантам в ходе курсового проектирования) методом упорядоченных диаграмм.

1. Определиться с данными для произведения расчета (исходные данные) конкретного цеха предприятия: сведения об электрических нагрузках цеха, план цеха. Исходные данные представить в отчете.

2. Произвести расчет электрической нагрузки по следующей методике:

а) в папке «НАГРУЗКА» открыть документ формате Access «DB1», содержащий перечень электроприемников цеха и их данные (Таблица 1). Изменить данные в соответствии с вариантом. Сохранить документ под исходным названием. **ВНИМАНИЕ!** Необходимо произвести предварительный пересчет номинальной мощности ЭП с ПКР в ДР.



The screenshot shows the Microsoft Access interface with a table containing the following data:

Код	№	Наименование оборудования	Модель	Руст, кВт	Рном	Ки	Марка двигателя	cosφ	КПД	Ип	Щелкните для добавления
1	1	Автомат токарный	A1916A	6,4	0,4	0,7	0,85	7			
2	2	Автомат токарный	A1918	11,8	0,4	0,7	0,85	7			
3	3	Автомат холодновысодочный	A0216	5,75	0,17	0,65	0,85	7			
4	4	Станок токарно-винторезный	A0218	10,1	0,17	0,65	0,85	6,5			
5	5	Автомат резьбонакатной	A2518	7,64	0,17	0,65	0,85	7			
6	6	Автомат резьбонакатной	A2520	8,2	0,17	0,65	0,85	7			
7	7	Автомат резьбонакатной	A251	3,5	0,17	0,65	0,85	7			
8	8	Автомат токарный	2A061	3	0,17	0,65	0,85	7			
9	9	Автомат холодновысодочный	АБ1918	15,54	0,2	0,65	0,85	7,5			
10	10	Автомат холоднштамповальный	АБ1919	21,7	0,2	0,65	0,85	7,5			
11	11	Автомат холодновысодочный	АА1219	14,12	0,2	0,65	0,85	7,5			
12	12	Накатной станок	АА253	6	0,12	0,4	0,85	7			
13	13	Автомат гаечный	A0617A	7,5	0,4	0,7	0,85	7			
14	14	Накатной станок	КД2326	3	0,12	0,4	0,85	6,5			
15	15	Токарно-винторезный станок	1К62	13,6	0,17	0,65	0,85	7,5			
16	16	Токарно-винторезный станок	1М63	19,4	0,17	0,65	0,85	7,5			
17	17	Фрезерно-консольный станок	6Р80	7,5	0,14	0,4	0,85	7			
18	18	Фрезерно-консольный станок с ЧПУ	FW400	8	0,12	0,4	0,85	7			
19	19	Фрезерно-консольный станок с ЧПУ	FSG	6,6	0,12	0,4	0,85	7			
20	20	Вертикально-сверильный станок	2Н135	5,5	0,14	0,5	0,85	6,5			
21	21	Фрезерный станок	-	5,5	0,12	0,4	0,85	6,5			
22	22	Пресс	СН2Л	10	0,17	0,65	0,85	7,5			
23	23	Пресс двухударный	SP22	8	0,17	0,65	0,85	7,5			
24	24	Пресс гидравлический	-	14	0,2	0,65	0,85	7,5			
25	25	Механическая ножовка	-	7,2	0,12	0,4	0,85	7			
26	26	Заточной станок	-	4	0,12	0,4	0,85	6,5			
27	27	Автомат острильный	6290Д	8,3	0,12	0,5	0,85	7			
28	28	Электропечь отжига	-	150	0,65	1	0,95	3			
29	29	Линия цинкования	VTS	175	0,6	1	0,95	7			

Рисунок 2 – Документ в формате Access «DB1»

б) Открыть приложение «Snabg». Создать новый документ. Проверить правильность представленных данных. Отметить необходимые элек-

троприемники (1) и их количество (2). Ввести имя узла нагрузки (3), нажать задать (4). При необходимости добавить другие узлы нагрузки аналогичным образом. Перейти в «Расчет» (5).

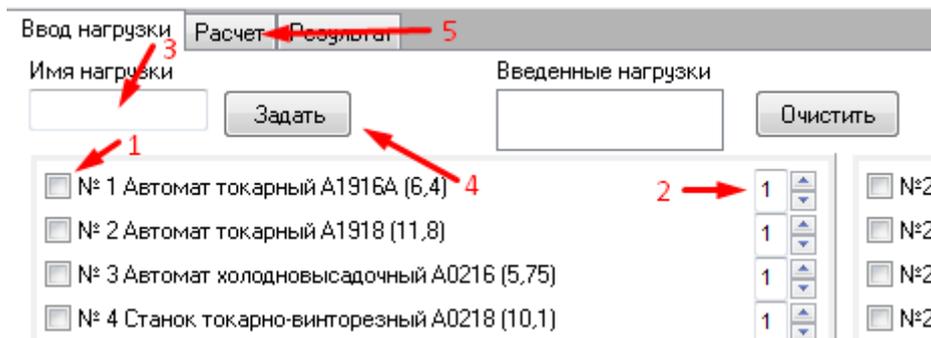


Рисунок 3 – Приложение «Snabg». Ввод нагрузки

в) Выбрать необходимые узлы нагрузки и расчет общей нагрузки, ввести соответствующее напряжение. Нажать кнопку «Расчет».

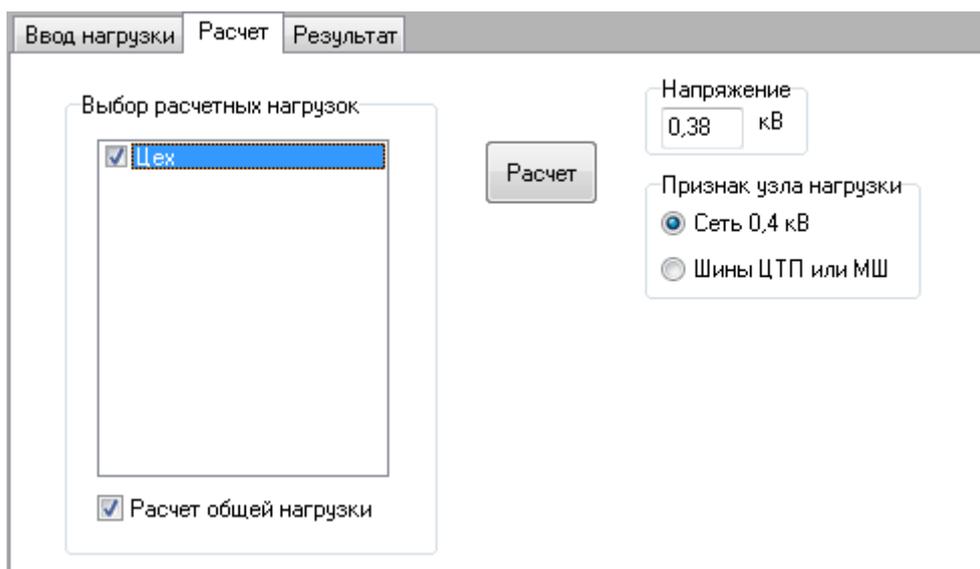


Рисунок 4 – Приложение «Snabg». Расчет

г) Перейти во вкладку «Результат». Программа представляет данные по оборудованию и расчетным нагрузкам. Составить расчет в Excel. Скопировать отчет в полном виде в отчет по лабораторной работе (2 листа в файле Excel).

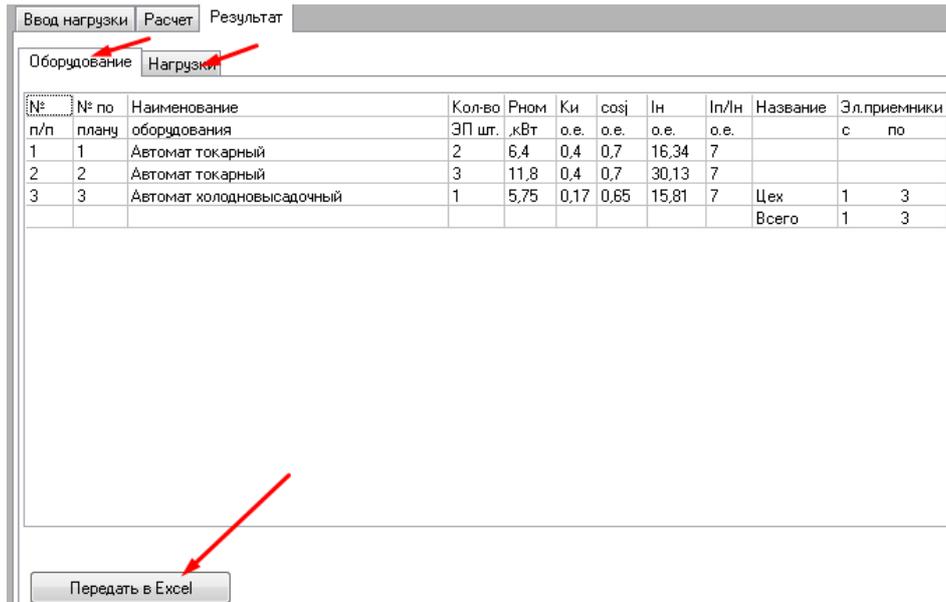


Рисунок 5 – Приложение «Snabg». Результат

№ пп	№ пл.	Наименование ЭП	Кол-во ЭП шт.	Рном, кВт	Ки	ln/ln	cosj	tgi	ln, A	Ки*Рн	Ки*Рн*tgi	п*рн^2				
7	1	Автомат токарный	2	6,4	12,8	0,4	7	0,7	1020	114,40	5,12	81,92				
8	2	Автомат токарный	3	11,8	35,4	0,4	7	0,7	1020	210,92	14,16	417,72				
9	3	Автомат холодновысачочный	1	5,75	5,75	0,17	7	0,65	1169	110,69	0,9775	330,625				
Групповые значения			6		53,95	0,375			1035	20,26	20,98	5327,025				
Результаты расчета										№	Кр	Рр,кВт	Qр,квар	Sp,кВА	Ip,A	In,A
										5,46	1,21	24,44	27,84	37,05	56,3	255,16

№ пп	№ пл.	Наименование ЭП	Кол-во ЭП шт.	Рном, кВт	Ки	ln/ln	cosj	tgi	ln, A	Ки*Рн	Ки*Рн*tgi	п*рн^2				
21	1	Автомат токарный	2	6,4	12,8	0,4	7	0,7	1020	114,40	5,12	81,92				
22	2	Автомат токарный	3	11,8	35,4	0,4	7	0,7	1020	210,92	14,16	417,72				
23	3	Автомат холодновысачочный	1	5,75	5,75	0,17	7	0,65	1169	110,69	0,9775	330,625				
Групповые значения			6		53,95	0,375			1035	20,26	20,98	5327,025				
Результаты расчета										№	Кр	Рр,кВт	Qр,квар	Sp,кВА	Ip,A	In,A
										5,46	0,98	19,95	22,73	30,24	45,9	244,81

Рисунок 6 – Приложение «Snabg». Отчет в Excel

3. Расчет электрической нагрузки необходимо провести для трех случаев:

а) с учетом всех ЭП цеха без разделения на ПР;

б) с учетом разделения на ПР (в соответствии с расположением и мощностью) в двух вариантах.

4. Составить отчет по ЛБ, составленный в соответствии с ГОСТ ТПУ (!) и включающий в себя: титульный лист, цель работы, описание метода упорядоченных диаграмм, исходные данные, поэтапное описание хода работы с объяснением полученных значений для всех трех случаев, выводы по работе.

5. Предполагается индивидуальная устная защита лабораторной работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЦЕХА И ПРЕДПРИЯТИЯ. ПОСТРОЕНИЕ КАРТОГРАММ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Лабораторная работа №2 по курсу «Основы расчета и проектирования электроснабжения промышленных предприятий» направлена на изучение и практическое освоение метода упорядоченных диаграмм, его применение для расчета мощности цеха, изучение метода коэффициента спроса для расчета мощности предприятия, усвоение методики построения картограмм нагрузок.

Краткое теоретическое введение

Метод более точный, применяется для определения расчетной нагрузки на всех ступенях электроснабжения, но при наличии сведений о каждом ЭП. Исходными данными для расчета являются установленная паспортная мощность ЭП и их количество. Метод основан на исследованиях Г.М. Каялова в области упорядоченных диаграмм индивидуальных показателей режима работы ЭП и положен в основу руководящих указаний по определению электрических нагрузок промышленных предприятий.

Расчетная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Определение электрических нагрузок в системе электроснабжения промышленного предприятия выполняют для характерных мест присо-

единения приемников электроэнергии. При этом отдельно рассматривают сети напряжением до 1 кВ и выше [5].

Ход работы

1. Расчет нагрузки цеха методом упорядоченных диаграмм

Основы расчета таким методом представлены в пособии (п. 3.3 [1]).

Расчет нагрузки методом упорядоченных диаграмм выполняется на основе выполненного расчета методом коэффициента расчетной мощности! Методы практически одинаковые вплоть до определения эффективного числа ЭП. Затем определяется не коэффициент расчетной нагрузки, а коэффициент максимума. Кроме того, при расчете методом упорядоченных диаграмм производится разделение на две характерные группы А и Б. Однако в любом случае расчет нагрузки методом упорядоченных диаграмм должен включать в себя полную таблицу (в качестве примера можно взять ИДЗ по электроснабжению).

2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

Выполняется по пособию (п. 3.4 [2]). Расчетная мощность цехов, кроме рассчитанного, определяется по коэффициенту спроса. Необходимые данные можно взять в пособии [3].

Итого заполняются две таблицы (или одна совмещенная) по форме Таблица 3.9 и 3.10 в пособии [2].

3. Построение картограммы нагрузок

Базовый расчет представлен в п. 4.1 пособия [2].

Расчет картограммы выполнить в онлайн-программе (4 наиболее мощных цеха)

– расчет и пояснения примера http://www.online-electric.ru/theory/cen_sample1.php

– онлайн-программа <http://www.online-electric.ru/cen/cen.php>

Литература

1. Основы электроснабжения: учебное пособие / А.А. Сивков, А.С. Сайгаш, Д.Ю. Герасимов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 184 с.

2. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие./ Л.П. Сумарокова; Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 288 с.

3. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие А.В.Кабышев, С.Г.Обухов. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 248 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ВЫБОР НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЛИНИИ

Лабораторная работа №3 по курсу «Основы расчета и проектирования электроснабжения промышленных предприятий» направлена на изучение и практическое освоение метода упорядоченных диаграмм, его применение для расчета мощности цеха, изучение метода коэффициента спроса для расчета мощности предприятия, усвоение методики построения картограмм нагрузок.

Краткое теоретическое введение

При проектировании развития электрической сети одновременно с разработкой вопроса о конфигурации электрической сети решается вопрос о выборе ее номинального значения. Выбор напряжения осуществляется из шкалы номинальных значений, установленных [1], [2].

Номинальное напряжение $U_{НОМ}$ зависит от многих факторов, поэтому задача его выбора не может иметь однозначного решения. При проектировании электрических сетей используется несколько подходов. Одним из таких подходов является выбор $U_{НОМ}$ по эмпирическим формулам:

а) Формула Стилла

$$U_{НОМ} \approx 4,34 \sqrt{L + 0,016P}, \quad (1.1)$$

где L – длина линии, км; P – активная мощность, кВт;

Область применения формулы (1.1) определяется условиями $L \leq 250$ км, $P \leq 60$ МВт.

б) Формула Залесского А.М.

$$U_{НОМ} = \sqrt{P(0,1 + 0,015\sqrt{L})}, \quad (1.2)$$

Область применения формулы (1.2) определяется условиями $L \leq 1000$ км, $P > 60$ МВт.

в) Формула Илларионова

$$U_{\text{НОМ}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}}. \quad (1.3)$$

Формула (1.3) используется для напряжения 35÷1150 кВ и принципиально правильно отражает необходимость все более высоких номинальных напряжений с увеличением протяженности линии, особенно при $P > 1000$ МВт.

г) Эмпирическая формула Никогосова С.Н.:

$$U_{\text{НОМ}} = 16^4 \sqrt{\frac{P \cdot L}{1000}}. \quad (1.4)$$

Подставляя исходные данные в формулы (1.1)-(1.4), получаем:

$$U_{\text{НОМ}} = 4,34 \sqrt{7,00 + 0,016 \cdot 3310,12} = 33,61 \text{ кВ};$$

$$U_{\text{НОМ}} = \sqrt{3310,12(0,1 + 0,015 \sqrt{7,00})} = 21,50 \text{ кВ};$$

$$U_{\text{НОМ}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{7,00} + \frac{2500 \cdot 1000}{3310,12}}} = 34,78 \text{ кВ};$$

$$U_{\text{НОМ}} = \sqrt[4]{\frac{3310,12 \cdot 7,00}{1000}} = 35,10 \text{ кВ}.$$

С учетом условий использования формул (1.1)-(1.4) и ряда стандартных напряжений [1]-[2], окончательно принимаем $U_{\text{НОМ}} = 35,00$ кВ.

Выбор напряжения произведен ориентировочно. В общем случае выбор номинального напряжения сети является задачей технико-экономического сравнения различных вариантов.

При проектировании развития электрической сети одновременно с разработкой вопроса о конфигурации электрической сети решается

вопрос о выборе ее номинального значения. Выбор напряжения осуществляется из шкалы номинальных значений, установленных [1], [2].

Номинальное напряжение $U_{\text{НОМ}}$ зависит от многих факторов, поэтому задача его выбора не может иметь однозначного решения. При проектировании электрических сетей используется несколько подходов. Одним из таких подходов является выбор $U_{\text{НОМ}}$ по таблице пропускной способности воздушных линий 35-1150 кВ [3].

С учетом известной активной мощности линии $P=3310,12$ кВт и длины линии $L=7,00$ км, а также ряда стандартных напряжений [1]-[2], из [3] принимаем $U_{\text{НОМ}}=35,00$ кВ.

Выбор напряжения произведен ориентировочно. В общем случае выбор номинального напряжения сети является задачей технико-экономического сравнения различных вариантов.

Ход работы

Базовые основы расчета приведены в пособия [2].

Расчет номинального напряжения питающей линии в онлайн-программе <http://www.online-electric.ru>.

Список использованных источников

1. ГОСТ 23366-78 Ряды номинальных напряжений постоянного и переменного тока. Дата издания 01.12.1991 переиздание с изм.
2. ГОСТ 721-77 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В (Утв. постановлением Госстандарта СССР от 27 мая 1977 г. N1376)
3. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования:

учеб. пособие для вузов / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков.- 4-изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.: ил.

4. Интернет-проект «Онлайн Электрик», www.online-electric.ru

Никитин Д.С.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по курсу «Основы расчета и проектирования электроснабжения промыш-
ленных предприятий» для студентов IV курса,
обучающихся по направлению 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 00.00.2017. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 9,01. Уч.-изд. л. 8,16.
Заказ 000-14. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru