**Тема работы**: Автоматизированное определение центра электрических нагрузок с множественным условием

**Цель работы**: определить оптимальное положение центра электрических нагрузок и верифицировать снижение потерь электрической мощности в программном обеспечении (ПО) *RastrWin*

Задачи работы:

1 – Определить и графически показать расположение нагрузок и линий электропередачи;

2 – Определить оптимальное положение цента электрических нагрузок;

3 – Составить модель системы электроснабжения в ПО *RastrWin*

# Требования и рекомендации к оформлению

Оформление отчета должно соответствовать минимальным требованиям. При несоответствии требований оформления работа до защиты не допускается.

Отчёт о проделанной работе должен быть выполнен в соответствии с следующими требованиями:

Основной текст работы, заголовки и подписи рисунков с таблицами должны выполняться стандартным шрифтом *Times New Roman* (14 пт), в таблицах допускается применение шрифта 12 размера;

Латиница в тексте оформляется курсивом;

Абзацы набираются с отступом в 1,25 и межстрочным интервалом в 1,5 строки;

Подписи таблиц и рисунков набираются в формате: «Рисунок № – Название», вместо знака: «№» указывается номерная последовательность. Подписи таблиц и рисунков набираются без межстрочного интервала;

При необходимости нумерации списков абзацные отступы не требуются.

Для оформления работы рекомендуется использовать подготовленные стили оформления (рис. 1).

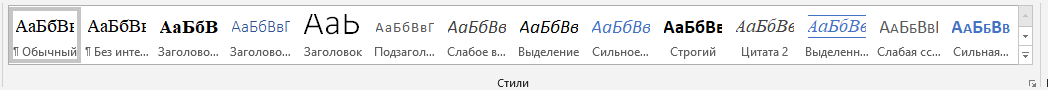


Рисунок 1 – Стили оформления текста в *MS Word*

Для предварительной настройки стилей необходимо нажать правой кнопкой мыши по требуемому разделу и в открывшемся контекстном меню выбрать пункт «изменить», как это показано на рисунке 2.

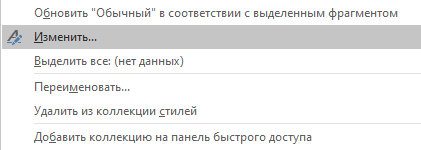


Рисунок 2 – Контекстное меню настройки стилей в *MS Word*

В открывшемся окне (рис. 3) необходимо выбрать нужный шрифт и размер, перейдя во вкладку «Формат» нужно выбрать абзац и задать требования оформления основного текста. Создание и редактирование стилей для остальных элементов отчёта производятся аналогично.

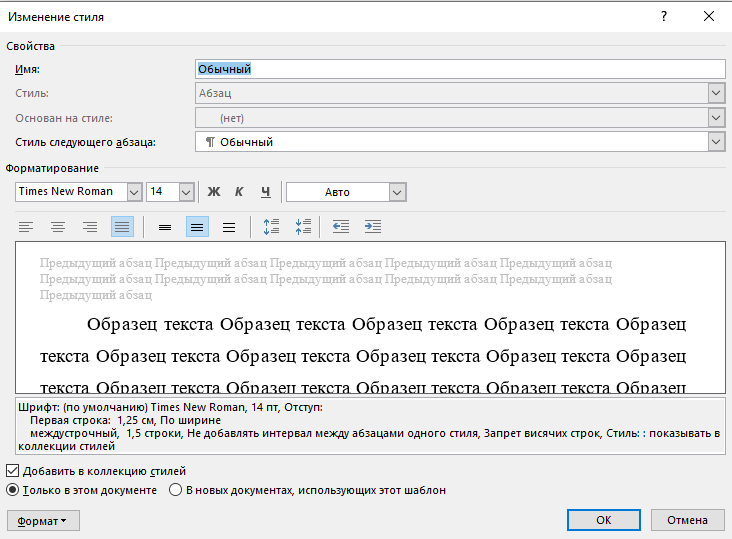


Рисунок 3 – Изменения стиля текста в *MS Word*

Работа, оформленная не по представленным рекомендациям, должна быть оформлена в соответствии с действующими стандартами. В случае оформление работы в соответствии с действующими стандартами необходимо в списке используемых источников указать, в соответствии с каким стандартом оформлялась работа. **При несоблюдении требований оформления работа к защите не допускается.**

# Выбор варианта задания

ВАРИАНТ 956

Вариантом задания является номер зачетной книжки. Если номер зачетной книжки «123», тогда:

1 – По сумме первых двух цифр определяется мощность нагрузок (табл. 2), например, 1+2=3;

2 – По сумме последних двух цифр определяется вариант расположения пунктов нагрузки и их занимаемая площадь, и коэффициенты уравнения расположения линии электропередачи высокого напряжения (табл. 1), например, 2+3=5.

. (1)

Таким образом, варианта «123», уравнение расположения линии электропередачи имеет следующий вид:

.

Исходное положение точки ПС задается самостоятельно, но выбранная точка не должна находиться на территории одной из нагрузок и выходить за пределы условно установленной территории всего объекта. Условная территория всего объекта также задается самостоятельно, с условием, чтобы все объекты электроснабжения, кроме ЛЭП ВН, находились в ее пределах.

Мощность нагрузок от первой к пятой составляет 622, 1179, 572 ,1997, 1943 кВт соответственно.

Для каждого пункта нагрузок заданы мощностные характеристик в соответствии с таблицей 2. Выбор осуществляется в соответствии с порядковым номером списка группы. Коэффициент мощности нагрузок для всех вариантов принимаем 0,9.

Все исходные данные предоставляются также в электронном формате в формате *excel* таблиц.

Таблица 1 – Расположение точек нагрузок и коэффициенты уравнения расположения линии электропередачи

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *k* | -1 | 8 | -2 | -6 | 4 | 5 | 9 |
| *b* | 24998 | 32935 | -20009 | 18149 | 43568 | -39016 | 24815 |
| *x*1, м | 633 | 1686 | 4317 | 4133 | 3211 | 2088 | 1078 |
| *y*1, м | 930 | 4127 | 4931 | 213 | 2440 | 3414 | 1020 |
| *Lx1*, м | 9 | 81 | 43 | 84 | 17 | 3 | 34 |
| *L*y1, м | 46 | 59 | 94 | 35 | 34 | 46 | 3 |
| *x*2, м | 344 | 827 | 1454 | 939 | 297 | 407 | 2099 |
| *y*2, м | 784 | 2051 | 4045 | 3311 | 4317 | 4961 | 2503 |
| *Lx*2, м | 57 | 67 | 41 | 33 | 65 | 16 | 91 |
| *Ly*2, м | 86 | 61 | 7 | 7 | 70 | 97 | 92 |
| *x*3, м | 2323 | 3183 | 2474 | 4771 | 641 | 4252 | 4120 |
| *y*3, м | 1250 | 3856 | 1867 | 245 | 3659 | 3543 | 3808 |
| *Lx*3, м | 86 | 23 | 12 | 1 | 98 | 42 | 55 |
| *Ly*3, м | 9 | 77 | 61 | 69 | 6 | 72 | 71 |
| *x*4, м | 3600 | 3713 | 1564 | 1595 | 4205 | 1781 | 2620 |
| *y*4, м | 3673 | 3189 | 330 | 2175 | 1996 | 2855 | 765 |
| *Lx*4, м | 23 | 75 | 66 | 28 | 34 | 81 | 63 |
| *Ly*4, м | 75 | 4 | 25 | 14 | 95 | 18 | 17 |
| *x*5, м | 3712 | 1459 | 4778 | 4360 | 2788 | 2021 | 2192 |
| *y*5, м | 3409 | 2613 | 4227 | 1938 | 2138 | 670 | 3054 |
| *Lx*5, м | 2 | 63 | 5 | 22 | 71 | 34 | 34 |
| *Ly*5, м | 12 | 28 | 43 | 37 | 67 | 3 | 67 |

Продолжение таблицы 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| *k* | -9 | 10 | 1 | -8 | -3 | 7 | -4 |
| *b* | -33595 | 49297 | -47253 | 46704 | 38938 | 2218 | 452 |
| *x*1, м | 1725 | 1745 | 4833 | 4077 | 1800 | 3388 | 2402 |
| *y*1, м | 685 | 203 | 3259 | 2962 | 1118 | 363 | 1203 |
| *Lx1*, м | 2 | 57 | 77 | 12 | 23 | 66 | 98 |
| *L*y1, м | 17 | 63 | 35 | 95 | 100 | 54 | 76 |
| *x*2, м | 3281 | 2292 | 2463 | 3630 | 2021 | 2940 | 4923 |
| *y*2, м | 74 | 322 | 2512 | 1981 | 4489 | 3169 | 481 |
| *Lx*2, м | 3 | 88 | 55 | 83 | 37 | 70 | 78 |
| *Ly*2, м | 41 | 96 | 89 | 67 | 9 | 89 | 37 |
| *x*3, м | 3003 | 2651 | 1246 | 4456 | 2144 | 957 | 2591 |
| *y*3, м | 4577 | 2358 | 1527 | 54 | 2704 | 2193 | 2724 |
| *Lx*3, м | 37 | 43 | 35 | 13 | 90 | 5 | 42 |
| *Ly*3, м | 62 | 72 | 37 | 43 | 87 | 61 | 63 |
| *x*4, м | 1969 | 4091 | 3413 | 2666 | 4416 | 4196 | 4648 |
| *y*4, м | 3684 | 3515 | 1133 | 4713 | 4589 | 1439 | 2058 |
| *Lx*4, м | 76 | 72 | 34 | 25 | 4 | 40 | 58 |
| *Ly*4, м | 46 | 98 | 72 | 88 | 31 | 68 | 62 |
| *x*5, м | 27 | 1006 | 4809 | 2692 | 4031 | 2887 | 4968 |
| *y*5, м | 1877 | 1058 | 513 | 3725 | 1026 | 1389 | 2575 |
| *Lx*5, м | 43 | 21 | 65 | 13 | 84 | 31 | 93 |
| *Ly*5, м | 37 | 61 | 61 | 41 | 45 | 79 | 51 |

Окончание таблицы 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| *k* | -4 | 10 | 3 | 3 | 6 | -5 | -6 |
| *b* | -12423 | 5783 | 32296 | 2768 | 15771 | 31832 | -34207 |
| *x*1, м | 921 | 2340 | 4879 | 4797 | 2515 | 87 | 862 |
| *y*1, м | 22 | 204 | 207 | 2428 | 319 | 4283 | 183 |
| *Lx1*, м | 26 | 25 | 47 | 3 | 94 | 28 | 43 |
| *L*y1, м | 78 | 80 | 31 | 46 | 21 | 63 | 89 |
| *x*2, м | 1801 | 728 | 4147 | 4638 | 1298 | 4877 | 4087 |
| *y*2, м | 2295 | 3089 | 1643 | 4989 | 808 | 4546 | 3984 |
| *Lx*2, м | 51 | 66 | 56 | 1 | 74 | 75 | 53 |
| *Ly*2, м | 78 | 77 | 21 | 5 | 99 | 17 | 51 |
| *x*3, м | 866 | 819 | 2035 | 3239 | 3791 | 3357 | 1766 |
| *y*3, м | 3669 | 636 | 4766 | 3414 | 1653 | 4981 | 2012 |
| *Lx*3, м | 85 | 8 | 1 | 46 | 53 | 12 | 91 |
| *Ly*3, м | 43 | 45 | 93 | 3 | 88 | 85 | 85 |
| *x*4, м | 863 | 3245 | 3761 | 1875 | 2771 | 1343 | 3208 |
| *y*4, м | 274 | 4216 | 2553 | 4852 | 2962 | 4542 | 4432 |
| *Lx*4, м | 2 | 27 | 77 | 36 | 66 | 3 | 95 |
| *Ly*4, м | 92 | 68 | 86 | 92 | 100 | 94 | 4 |
| *x*5, м | 3460 | 3617 | 2524 | 4834 | 4297 | 2262 | 1479 |
| *y*5, м | 949 | 828 | 2161 | 580 | 2915 | 1973 | 1856 |
| *Lx*5, м | 27 | 38 | 68 | 2 | 51 | 99 | 76 |
| *Ly*5, м | 12 | 74 | 96 | 90 | 66 | 52 | 87 |

Таблица 2 – Мощность пунктов нагрузки по вариантам

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | *P*1, кВт | *P*2, кВт | *P*3, кВт | *P*4, кВт | *P*5, кВт |
| 0 | 1378 | 37 | 1841 | 953 | 1474 |
| 1 | 840 | 1651 | 580 | 544 | 1224 |
| 2 | 323 | 280 | 1056 | 625 | 1023 |
| 3 | 416 | 1881 | 1578 | 1170 | 1362 |
| 4 | 1192 | 6 | 530 | 636 | 291 |
| 5 | 622 | 1179 | 572 | 1997 | 1943 |
| 6 | 918 | 958 | 166 | 214 | 462 |
| 7 | 1552 | 1928 | 984 | 880 | 1632 |
| 8 | 1313 | 356 | 18 | 118 | 962 |
| 9 | 514 | 1337 | 941 | 1088 | 1439 |
| 10 | 561 | 259 | 1615 | 468 | 1489 |
| 11 | 344 | 1759 | 103 | 655 | 1360 |
| 12 | 1743 | 1154 | 1677 | 356 | 1444 |
| 13 | 1265 | 1181 | 364 | 437 | 691 |
| 14 | 302 | 208 | 1440 | 484 | 185 |
| 15 | 606 | 734 | 816 | 1911 | 669 |
| 16 | 818 | 1883 | 1083 | 903 | 538 |
| 17 | 1212 | 573 | 1349 | 1164 | 696 |
| 18 | 1539 | 804 | 306 | 1889 | 17 |
| 19 | 117 | 293 | 284 | 1006 | 1778 |
| 20 | 962 | 944 | 1977 | 1659 | 641 |

# Общие указания для выполнения работы

В данной работе требуется ознакомиться с базовыми принципами оптимизации производственной деятельности, обеспечивая при этом минимизацию затрат на электроэнергию. Минимизация потребления электроэнергии во многом достигается на этапе грамотного проектирования систем электроснабжения.

В ходе выполнения работы требуется определить расположение центра нагрузок для установки в выбранной точке трансформаторной подстанции. Расположение центра нагрузок должно осуществляться по принципу минимизации потерь в линиях электропередачи. Следует учитывать, что на трансформаторной подстанции, которая выступает центром нагрузок, напряжение по высокой стороне составляет 35 кВ, а по низкой 6 кВ.

Потери в линиях электропередачи во многом зависят от сечения проводников, типа прокладки кабеля и уровня напряжения. В данной работе считаем, что линия электропередачи выполнены алюминиевыми, «голыми» проводами типа «АС», а кабельные линии от ПС до КТП выполнены кабелем с изоляцией из сшитого полиэтилена. В соответствии с оговоренными допущениями требуется определить необходимое сечение провода, учитывая напряжение в линии. При подборе сечения линии электропередачи предлагается руководствоваться таблицей 3.

Таблица 3 – Таблица подбора сечения провода типа «АС»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сечение жилы, мм2 | Активное сопротивление при 20 °С, Ом/км, жилы | Индуктивное сопротивление, Ом/км, | |
| В зависимости от напряжения, кВ | |
| 6 | 35 |
| 2,5 | 12,5 |  |  |
| 4 | 7,81 |  |  |
| 6 | 5,21 |  |  |
| 10 | 3,12 | 0,11 |  |
| 16 | 1,95 | 0,102 |  |
| 25 | 1,25 | 0,091 | 0,135 |
| 35 | 0,894 | 0,087 | 0,129 |
| 50 | 0,625 | 0,083 | 0,119 |
| 70 | 0,447 | 0,08 | 0,116 |
| 95 | 0,329 | 0,078 | 0,11 |
| 120 | 0,261 | 0,076 | 0,107 |
| 150 | 0,208 | 0,074 | 0,104 |
| 185 | 0,169 | 0,073 | 0,101 |
| 240 | 0,13 | 0,071 | 0,101 |

Для кабелей таблица 3 не актуальна, так как производители кабельной продукции разрабатывают собственные нормативные документы и каталоги в которых отражают фактические параметры своей продукции.

На рисунке 4 представлена условная территория предприятия, на которой требуется изобразить точками расположение потребителей электроэнергии, линии электропередачи и точку расположения трансформаторной подстанции, которая выступает центром нагрузок.

Рисунок 4 – Условная территория предприятия

Основным условием выполнения данной работы является полная автоматизация расчёта и корректирования графической части работы вне зависимости от координат расположения нагрузок, уравнения положения линии электропередачи высокого напряжения, и мощности нагрузок при соблюдении всех оговоренных допущениях.

Результатом работы является предоставление полного расчёта выбора оптимальной точки центра нагрузок, графическое представление проделанной работы и алгоритм автоматизированного перерасчёта.

При выполнении работы рекомендуется использовать встроенные функции расчёта *MS Excel*, но не запрещается использовать и другие программные продукты, и языки программирования (MathCAD, Matlab, python).

При выполнении автоматизации рекомендуется наладить автоматизацию подбора сечения линии электропередачи. Автоматизация подбора сечения может быть реализована с помощью функций «ГПР» и «ВПР» задав параметр интервального просмотра «ИСТИНА».

При сведении потерь в линиях электропередачи к минимум требуется автоматизировать процесс перерасчёта путём автоматического определения удельных сопротивлений проводника в зависимости от сечения.

В ходе расчёта потребуется определить величину потерь мощности в линии электропередачи, для этого рекомендуется использовать седеющее выражение:

,

где *I –* Ток в линии электропередачи;

*R* – Полное активное сопротивление линии электропередачи.

Для определения токовой нагрузки в линии требуется воспользоваться следующим выражением:

,

где  – Коэффициент активной мощности нагрузки.

При расчёте токовой нагрузки до распределительного пункта в виде понизительной подстанции на условной территории предприятия требуется учитывать полную мощность всех пунктов нагрузок и рекомендуется рассчитать средневзвешенный коэффициент мощности.

При моделировании схемы электроснабжения в ПО *RastrWin* обязательно требуется проверить отклонение напряжения на границе балансовой принадлежности. Границей балансовой принадлежности рекомендуется принять СШ НН КТП потребителей.

# Требование к содержанию отчета

В отчете обязательно должны присутствовать следующие разделы:

1. Пример расчета электрических нагрузок;
2. Подбор оборудования по току, напряжению и мощности;
   1. Коммутационные аппараты подбирать не требуется;
   2. Мощность трансформатора может быть любой, но не менее суммарной расчетной мощности;
3. Расчет потерь мощности в линиях электропередачи;
4. Поиск оптимального положения центра электрических нагрузок;
   1. Определения цента электрических нагрузок может быть выполнено как с помощью эмпирических формул, так и с помощью программных методов;
   2. В отчете должно присутствовать подробное описание того, как выполнен поиск оптимального расположения ПС.
5. Пример автоматизации расчета при решении поставленной задачи;
6. Составление модели системы электроснабжения в ПО RastrWin;
   1. В отчет требуется включить таблицы ветвей и узлов в режиме до определения оптимального положения точки ПС и после;
   2. Для каждого режима представить графику в ПО.
7. Заключение.

# Список рекомендуемых источников

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ. 7-е изд.)

2. ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками)».

3. Основы научных исследование: учебное пособие для вузов/ Б.И. Герасимов [и др.]. –Москва: ФОРУМ, 2011,2013. – 269 с.