Курсовая работа

Оптимизационные расчеты, выполняемые при управлении энергосистемами

2010

Содержание

Введение

Общая характеристика оптимизационных задач, решаемых АСДУ

1. Подготовка исходных данных для оптимизации режимов энергосистемы

1.1 Прогнозирование суточных графиков нагрузки энергосистемы для активной, реактивной и полной мощностей и определение их характеристик

1.2 Выбор трансформаторов на электростанциях и подстанциях

1.3 Расчет и построение расходных характеристик агрегатов и электростанции в целом. Определение параметров ВЛЭП

2. Определение коэффициентов формулы потерь активной и реактивной мощностей. Экономическое распределение активной мощности между электростанции по критерию: "Минимум потерь активной мощности"

3. Экономичное распределение активной нагрузки между электростанциями по критерию равенства относительных приростов расхода условного топлива с учетом сетевого фактора. Построение суточных графиков активных мощностей для электростанции

Литература

## Введение

Автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ) - это часть АСУТП, предназначенная для сбора информации об энергосистеме и диспетчерского управления режимами.

Автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ) в настоящее время является необходимым средством управления большими системами энергетики. Она обеспечивает управляемость такой системы с помощью оперативного сбора существенной для управления диспетчерской информации, своевременной обработки и представлению диспетчеру в наиболее удобном виде. АСДУ обеспечивает ведение оптимальных режимов в больших объединениях и повышает надёжность энергоснабжения.

АСДУ автоматизирует планирование и организацию диспетчерского управления. При проектировании АСДУ стремится выдержать определённое единство, поскольку системы АСДУ должны взаимодействовать друг с другом.

Выдерживается единство разных уровней управления - общий набор решаемых задач, единство методов решения этих задач, единообразное программное и информационное обеспечение.

Диспетчерское управление осуществляется на основе подчинения нижних уровней управления верхним. Задачи управления, решаемые на каждом уровне иерархии, специфичны, но цель одна - обеспечение потребителей электроэнергией требуемого качества, в необходимом объеме и с наименьшими издержками. Экономическая самостоятельность регионов и рыночные отношения накладывают отпечаток на решение задачи управления и оптимизации, которое во временном аспекте можно разделить на три основных этапа.

## Общая характеристика оптимизационных задач, решаемых АСДУ

1. Прогнозирование суточного графика изменения нагрузки.

Решение этой задачи возможно, так как поведение нагрузки имеет определенные закономерности и тенденции. Прогнозирование основывается на изучении и анализе статической информации о предыдущих режимах энергосистемы. Чем точнее составлен прогноз, тем точнее будет решена следующая задача.

2. Планирование суточных графиков работы электростанций.

Это заключается в задании станциям таких графиков, следуя которым, обеспечивается минимальный расход топлива в энергосистеме при надлежащим качестве электроэнергии и надежности электроснабжения.

Следует различать краткосрочное и долгосрочное прогнозирование и планирование.

Планирование диспетчерских графиков работы электростанций состоит из следующих основных этапов:

планирование режимов ГЭС с заданными гидроресурсами;

выбор и планирование на сутки оптимального состава оборудования электростанций с учетом заявок на текущий ремонт;

экономичное распределение нагрузки между агрегатами при заданном составе оборудования на каждый час.

3. Оперативная коррекция режимов.

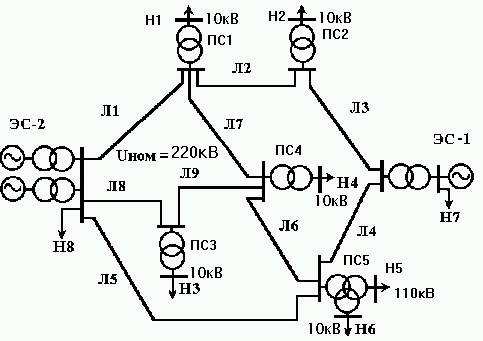
Вследствие недостаточной точности учета случайных возмущений фактическое поведение нагрузки отличается от прогнозируемого. Поэтому для поддержания нормальной частоты возникающие небалансы мощности должны восприниматься одной или несколькими станциями. Происходит непрерывное регулирование частоты, однако чем сильнее отклонение нагрузки от прогнозируемой, тем существеннее отклонение от оптимального режима.

Кроме перечисленных основных задач, решается и ряд других, таких как: оперативная оценка правильности настройки устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, ввод режима в допустимую область, информационно-справочные задачи. К последним относятся: статическая обработка информации н выдача, сведений в удобном для диспетчера виде; ежечасная регистрация основных параметров электрической системы и нормирование массивов информации для прогнозирования нагрузки и отображения режима и др.

## 1. Подготовка исходных данных для оптимизации режимов энергосистемы

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ И РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

*В основу контрольного задания положена единая схема энергосистемы, представленная на рис.1.*



*Рисунок 1* - Схема энергосистемы

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1. Характеристика нагрузки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  нагрузки | Н-1 | Н-2 | Н-3 | Н-4 | Н-5 | Н-6 | Н-7 | Н-8 |
| Отрасль  промышленности | Станкостроение | Машиностроение | Автомобилестроение | Сельское хозяйство | Коммунально-бытовая | Деревообрабатывающая | Черная металлургия | Химическая |
| Тмах, час | 6900 | 5800 | 5300 | 5000 | 5400 | 5600 | 8000 | 7600 |
| Рмах, МВт | 35 | 19 | 45 | 55 | 55 | 60 | 260 | 424 |
|  | 0,86 | 0,82 | 0,86 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,81 | 0,88 |

Таблица 2. Длины ВЛЭП - 220 кВ, (км)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение ЛЭП | Л-1 | Л-2 | Л-3 | Л-4 | Л-5 | Л-6 | Л-7 | Л-8 | Л-9 |
| Длина | 55 | 59 | 28 | 42 | 44 | 51 | 39 | 49 | 29 |
| Марка провода | АСО-240 | | | | | | | | |

Таблица 3. Параметры турбогенераторов на электростанциях

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  электростанции | Тип агрегата | Номинальная  мощность  генератора  Sн. ген, МВА | Uном,  кВ | Удельная  расходная  характеристика  агрегата  β/ (2,510-4), тут/кВтч |  | Удельная  повреждаемость ,  раз/год |
| ЭС-1  ЭС-2 | ТВФ-100  ТВВ-200 | 117,5  235 | 10,5  15,75 | 0,38+Р2,8  0,44+Р3,4 | 0,85  0,85 | 0,015  0,002 |

Таблица 4. Типовые графики нагрузки активной мощности для рабочего дня

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | 2 |
| Откл. ТГ на эл. Станции | ЭС-1 |
| Откл. ВЛЭП | Л-6 |

Таблица 5. Параметры ВЛЭП

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение ВЛЭП | Л-1 | Л-2 | Л-3 | Л-4 | Л-5 | Л-6 | Л-7 | Л-8 | Л-9 |
| L, км | 55 | 59 | 28 | 42 | 44 | 51 | 39 | 49 | 29 |
| Ri, Ом | 6,49 | 6,962 | 3,304 | 4,956 | 5, 192 | 6,018 | 4,602 | 5,782 | 3,422 |
| Xi, Ом | 23,925 | 25,665 | 12,18 | 18,27 | 19,14 | 22,185 | 16,965 | 21,315 | 12,615 |
| Bi,мкСм | -143,22 | -153,64 | -72,91 | -109,37 | -114,58 | -132,8 | -101,56 | -127,6 | -75,516 |

Марка провода - АСО-240 (R0 = 0,121 Ом/км; Х0 = 0,435 Ом/км; В0 = 2,610-6 См/км;).



## 1.1 Прогнозирование суточных графиков нагрузки энергосистемы для активной, реактивной и полной мощностей и определение их характеристик

Цель работы: Ознакомиться с методами прогнозирования графиков нагрузки энергосистемы и отдельных отраслей промышленности; изучить и определить их основные характеристики; составить суточные графики активной, реактивной и полной нагрузок для рабочего дня, годовой график по продолжительности активной нагрузки для энергосистемы и найти значения желаемых напряжений у потребителей.

Графиками электрических нагрузок называются зависимости изменения активной мощности P (t), реактивной мощности Q (t) или полной мощности S (t) во времени. Мощность, потребляемая электроприемниками, является величиной переменной, т.к на нее влияет множество факторов. Например, время суток, время года, температура окружающей среды, освещенность, характер телевизионных передач и т.п. Графики электрических нагрузок обычно получают в виде графиков с помощью регистрирующих приборов или в табличной форме, более удобной для их математического описания и анализа.

При прогнозировании графиков нагрузки учитывается характер изменения во времени нагрузки отдельных энергоузлов, который зависит от ритма производства и влияния естественных факторов: наружной температуры и освещенности, а также от случайных изменений в технологических процессах, метеорологических и экологических условиях. Ритм производства, в свою очередь, обусловлен числом рабочих смен: одно-, двух - и трехсменные.

Графики нагрузки позволяют проводить анализ работы электроустановок, для составления прогнозов электропотребления, планирование ремонтов оборудования, а также в процессе эксплуатации для ведения нормального режима работы.

Таблица 6. Суточные графики активной нагрузки для каждой отрасли промышленности и в целом для энергосистемы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время | Величина нагрузки для каждой отрасли промышленности и системы в целом для каждого интервала времени, МВт | | | | | | | | |
| Н-1 | Н-2 | Н-3 | Н-4 | Н-5 | Н-6 | Н-7 | Н-8 | система |
| 00-02 | 16,45 | 16,53 | 30,15 | 41,25 | 27,5 | 21,6 | 215,8 | 394,32 | 763,6 |
| 02-04 | 16,45 | 16,53 | 20,25 | 44 | 27,5 | 19,8 | 215,8 | 381,6 | 741,93 |
| 04-06 | 16,45 | 16,53 | 19,8 | 40,15 | 33 | 19,2 | 215,8 | 402,8 | 763,73 |
| 06-08 | 28,35 | 16,53 | 27,9 | 34,65 | 49,5 | 30 | 260 | 402,8 | 849,73 |
| 08-10 | 35 | 19 | 45 | 55 | 55 | 60 | 260 | 424 | 953 |
| 10-12 | 29,75 | 17,86 | 36,9 | 41,25 | 55 | 51 | 234 | 394,32 | 860,08 |
| 12-14 | 29,75 | 17,86 | 40,95 | 35,75 | 44 | 49,8 | 234 | 381,6 | 833,71 |
| 14-16 | 35 | 19 | 45 | 55 | 44 | 49,8 | 241,8 | 424 | 913,6 |
| 16-18 | 28,7 | 17,48 | 29,7 | 46,75 | 55 | 48 | 247 | 402,8 | 875,43 |
| 18-20 | 25,9 | 17,48 | 34,65 | 38,5 | 55 | 46,2 | 234 | 381,6 | 833,33 |
| 20-22 | 26,6 | 17,48 | 34,2 | 27,5 | 49,5 | 45 | 215,8 | 381,6 | 797,68 |
| 22-00 | 24,5 | 16,53 | 35,1 | 38,5 | 38,5 | 28,8 | 215,8 | 381,6 | 779,33 |

Таблица 7. Суточные графики реактивной нагрузки для каждой отрасли промышленности и в целом для энергосистемы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время | Величина нагрузки для каждой отрасли промышленности и системы в целом для каждого интервала времени, МВАр | | | | | | | | |
| Н-1 | Н-2 | Н-3 | Н-4 | Н-5 | Н-6 | Н-7 | Н-8 | система |
| 00-02 | 9,761 | 11,538 | 17,890 | 28,793 | 19, 195 | 15,077 | 156,237 | 212,831 | 471,321 |
| 02-04 | 9,761 | 11,538 | 12,016 | 30,712 | 19, 195 | 13,820 | 156,237 | 205,966 | 459,245 |
| 04-06 | 9,761 | 11,538 | 11,749 | 28,025 | 23,034 | 13,402 | 156,237 | 217,408 | 471,153 |
| 06-08 | 16,82 | 11,538 | 16,555 | 24,186 | 34,551 | 20,940 | 188,237 | 217,408 | 530,237 |
| 08-10 | 20,76 | 13,262 | 26,701 | 38,390 | 38,390 | 41,880 | 188,237 | 228,851 | 596,480 |
| 10-12 | 17,65 | 12,466 | 21,895 | 28,793 | 38,390 | 35,598 | 169,413 | 212,831 | 537,040 |
| 12-14 | 17,65 | 12,466 | 24,298 | 24,954 | 30,712 | 34,761 | 169,413 | 205,966 | 520,223 |
| 14-16 | 20,76 | 13,262 | 26,701 | 38,390 | 30,712 | 34,761 | 175,060 | 228,851 | 568,505 |
| 16-18 | 17,03 | 12, 201 | 17,623 | 32,632 | 38,390 | 33,504 | 178,825 | 217,408 | 547,613 |
| 18-20 | 15,36 | 12, 201 | 20,560 | 26,873 | 38,390 | 32,248 | 169,413 | 205,966 | 521,020 |
| 20-22 | 15,78 | 12, 201 | 20,293 | 19, 195 | 34,551 | 31,410 | 156,237 | 205,966 | 495,637 |
| 22-00 | 14,53 | 11,538 | 20,827 | 26,873 | 26,873 | 20,103 | 156,237 | 205,966 | 482,954 |

Таблица 8. Суточные графики полной нагрузки для каждой отрасли промышленности и в целом для энергосистемы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время | Величина нагрузки для каждой отрасли промышленности и системы в целом для каждого интервала времени, МВА | | | | | | | | |
| Н-1 | Н-2 | Н-3 | Н-4 | Н-5 | Н-6 | Н-7 | Н-8 | система |
| 00-02 | 19,128 | 20,159 | 35,058 | 50,305 | 33,537 | 26,341 | 266,420 | 448,091 | 899,04 |
| 02-04 | 19,128 | 20,159 | 23,547 | 53,659 | 33,537 | 24,146 | 266,420 | 433,636 | 874,23 |
| 04-06 | 19,128 | 20,159 | 23,023 | 48,963 | 40,244 | 23,415 | 266,420 | 457,727 | 899,08 |
| 06-08 | 32,965 | 20,159 | 32,442 | 42,256 | 60,366 | 36,585 | 320,988 | 457,727 | 1003,49 |
| 08-10 | 40,698 | 23,171 | 52,326 | 67,073 | 67,073 | 73,171 | 320,988 | 481,818 | 1126,32 |
| 10-12 | 34,593 | 21,780 | 42,907 | 50,305 | 67,073 | 62, 195 | 288,889 | 448,091 | 1015,83 |
| 12-14 | 34,593 | 21,780 | 47,616 | 43,598 | 53,659 | 60,732 | 288,889 | 433,636 | 984,50 |
| 14-16 | 40,698 | 23,171 | 52,326 | 67,073 | 53,659 | 60,732 | 298,519 | 481,818 | 1077,99 |
| 16-18 | 33,372 | 21,317 | 34,535 | 57,012 | 67,073 | 58,537 | 304,938 | 457,727 | 1034,51 |
| 18-20 | 30,116 | 21,317 | 40,291 | 46,951 | 67,073 | 56,341 | 288,889 | 433,636 | 984,62 |
| 20-22 | 30,930 | 21,317 | 39,767 | 33,537 | 60,366 | 54,878 | 266,420 | 433,636 | 940,85 |
| 22-00 | 28,488 | 20,159 | 40,814 | 46,951 | 46,951 | 35,122 | 266,420 | 433,636 | 918,54 |

Примеры построения графиков нагрузки для активной, реактивной и полной мощностей приведены на рисунках:



*Рисунок 2* - График активной мощности нагрузки 1.



*Рисунок 3* - График реактивной мощности нагрузки 1.



*Рисунок 4* - График полной мощности нагрузки 1.

Количественные характеристики графиков электрической нагрузки - желаемое напряжение для каждой ступени графика, где j - номер (обозначение) нагрузки или подстанции; i - номер ступени графика нагрузки; mj - отклонение напряжения в центре питания j-ой нагрузки в максимальном режиме, обусловленное ПУЭ, mj = 0,05 для электрических сетей с Uном ≤ 10 кВ и mj = 0,1 для Uном ≥ 35 кВ;



- максимальная и минимальная величины активной мощности нагрузки для суточного или годового графика нагрузки в МВт; - среднесуточная мощность нагрузки, где Pi и ti - мощность и продолжительность нагрузки для i-ой ступени графика нагрузки; - общее число ступеней суточного или годового графика нагрузки, ∑ti = 24 часа - для суточного графика; - среднеквадратичная мощность; − коэффициент заполнения графика нагрузки или плотность графика нагрузки; − коэффициент неравномерности графика нагрузки; − коэффициент формы (конфигурации) графика нагрузки; − коэффициент участия i-ой нагрузки в максимуме системы, где - активная мощность i-ой нагрузки в час максимума системы; [365] = = Aг/Pmax - годовое время использования максимальной нагрузки; = [365] = - годовое время использования максимальных потерь активной мощности.



Таблица 10. Количественные характеристики графиков активной нагрузки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначения характеристик графиков | Значения параметров графиков активной нагрузки  для разных отраслей и энергосистемы в целом | | | | | | | | Энергосистема |
| Н-1 | Н-2 | Н-3 | Н-4 | Н-5 | Н-6 | Н-7 | Н-8 |
| Pср, МВт | 26,075 | 17,401 | 33,300 | 41,525 | 44,458 | 39,100 | 232,483 | 396,09 | 830,43 |
| Pск, МВт | 26,830 | 17,423 | 34,233 | 42,216 | 45,604 | 41,414 | 233,058 | 396,38 | 832,72 |
| Кф | 1,029 | 1,001 | 1,028 | 1,017 | 1,026 | 1,059 | 1,002 | 1,001 | 1,003 |
| Кзап | 0,745 | 0,916 | 0,740 | 0,755 | 0,808 | 0,652 | 0,894 | 0,934 | 0,909 |
| Кнер | 0,470 | 0,870 | 0,440 | 0,500 | 0,500 | 0,320 | 0,830 | 0,900 | 1,231 |
| Аг, МВтч | 228417 | 152431 | 291708 | 363759 | 389455 | 342516 | 2036554 | 3469719 | 7274560 |
| Tmax, ч | 6526 | 8023 | 6482 | 6614 | 7081 | 5709 | 7833 | 8183 | 7963 |

Построение годового графика по продолжительности активной нагрузки для энергосистемы

Годовой график строится на основе характерных суточных графиков за весенне-летний и осенне-зимний период. Это пример упорядоченного графика*,* т.е. такого, в котором все значения нагрузки расположены в порядке убывания (рис.5). Такой график показывает длительность работы в течение года с различной нагрузкой. Начальная ордината этого графика равна максимальной нагрузке. По суточным графикам с учетом количества различных типов суток в году для каждого значения мощности нагрузки суммируем время, в течение которого данная нагрузка имела место в течение года. В начале определяется время, в течение которого эта нагрузка имела максимальное значение, а затем отрезки времени для других значений мощности нагрузки, берущиеся в порядке убывания. В результате имеем годовой график, нагрузки, который показывает продолжительность работы при данной нагрузке. Поэтому такой график называют графиком по продолжительности.

По годовому графику определяется максимальное время использования нагрузки:



*Рисунок 5* - Годовой график по продолжительности активной нагрузки.

Составление приближенного баланса активной мощности.

Выбрать число агрегатов заданной мощности на электростанциях из условия выполнения баланса активной мощности. Особенность электроэнергетических систем состоит в практически мгновенной передаче энергии от источников к потребителям и невозможности накапливания выработанной электроэнергии в заметных количествах. В каждый момент времени в установившемся режиме системы ее электрические станции должны вырабатывать мощность, равную мощности потребителей, и покрывать потери в сети - должен соблюдаться баланс вырабатываемой и потребляемой мощности. Число агрегатов на электростанциях следует выбирать из условия соблюдения баланса активной мощности:



где - установленная мощность генераторов на ЭС-1 и ЭС-2, МВт; *Ртреб* - мощность, необходимая для покрытия всех нагрузок и потерь активной мощности, МВт.



Для заданной схемы энергосистемы (рис.1) можно найти из следующих выражений:



*Здесь kΔРтр, kΔРл, kсн, kрез -* коэффициенты, учитывающие потери активной мощности в трансформаторах и ВЛЭП и нагрузки электроприемников собственных нужд электростанций

*kΔРтр=*1,02; *kΔРл=*1,08; *kсн=*1,1; *kрез=*1,1.



Число агрегатов на электростанциях:

;



принимаем в энергосистеме-1 n=5агрегатов, ;



принимаем в энергосистеме-2 n=4 агрегатов.



Проверка правильности выбора числа агрегатов на электростанциях осуществляется путем сравнения:



Требуемая мощность вычисляется по формуле:



*МВт.*



Сравниваем по наибольшей требуемой мощности.

В качестве вырабатываемой мощностью в данном случае принимается сумма установленных мощностей первой и второй электростанций за вычетом мощности одного, наиболее мощного, агрегата:

.



МВт.



## 1.2 Выбор трансформаторов на электростанциях и подстанциях

Выбор числа и номинальной мощности трансформаторов производится таким образом, чтобы была обеспечена возможность надежного электроснабжения потребителей всех категорий при наиболее эффективном использовании выбранной мощности трансформаторов. При питании потребителей I, II категорий количество трансформаторов должно быть не менее двух, а их мощность определяется из соотношения:



где *Pmax* - максимальное значение активной нагрузки; *n* - число параллельно работающих трансформаторов; *β* - коэффициент допустимой перегрузки. Приближенно:



где *R =*1.882 - районный коэффициент.

Принимается, что генераторы электростанции 1 работают на общие (сборные) шины на генераторном напряжении. В этом случае количество трансформаторов здесь может быть любым, но не менее двух. Расчетную мощность одного трансформатора *S* можно определить по формуле.

Поскольку нагрузка Н - 7 подключена непосредственно на шины генераторного напряжения, то ее мощность не протекает по трансформаторам связи.

Таким образом:



На электростанции ЭС-2 установлены блоки "генератор-трансформатор". Поэтому число трансформаторов здесь соответствует числу агрегатов, а номинальная мощность определяется из условия



Произведем расчет мощности и выберем трансформаторы для подстанций и энергостанций схемы энергосистемы:

ПС1:



Выбираем ТДЦ 40000/220

ПС2:



Выбираем ТДЦ 40000/220

ПС3:



Выбираем ТДЦ 40000/220

ПС4:



Выбираем ТДЦ 63000/220

ПС5:



Выбираем АТДЦТН 125000/220/110

ЭС1:



Выбираем ТДЦ 125000/242

ЭС1:



Выбираем ТДЦ 250000/242

Сведем данные по трансформаторам в таблицы:

Таблица 11. Данные трансформатора ТДЦ 40000/220.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МВА | кВ | кВ | кВт | кВт | % | % | Ом | Ом | кВАр |
| 40 | 230 | 11-11 | 170 | 50 | 12 | 0.9 | 5,6 | 158,7 | 360 |

Таблица 12. Данные трансформатора ТДЦ 63000/220.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МВА | кВ | кВ | кВт | кВт | % | % | Ом | Ом | кВАр |
| 63 | 230 | 11-11 | 300 | 82 | 12 | 0.8 | 3.9 | 100,7 | 504 |

Таблица 13. Данные автотрансформатора АТДЦТН 125000/220/110.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МВА | кВ | кВ | кВ | % | % | % | кВт | кВт | % |
| 125 | 230 | 121 | 10.5 | 11 | 31 | 19 | 290 | 85 | 0.5 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | кВАр |
| 0.5 | 0.5 | 1 | 48.6 | 0 | 82.5 | 625 |

Таблица 14. Данные трансформатора ТДН 125000/220.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МВА | кВ | кВ | кВт | кВт | % | % | Ом | Ом | кВАр |
| 125 | 242 | 10.5 | 380 | 135 | 11 | 0.5 | 1.4 | 51.5 | 625 |

Таблица 15. Данные трансформатора ТДН 250000/220.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МВА | кВ | кВ | кВт | кВт | % | % | Ом | Ом | кВАр |
| 250 | 242 | 15.75 | 650 | 240 | 11 | 0.45 | 0.65 | 25.7 | 1125 |

## 1.3 Расчет и построение расходных характеристик агрегатов и электростанции в целом. Определение параметров ВЛЭП

Рассчитать и построить расходные характеристики ЭС, исследовать их свойства.

В качестве целевой функции в задаче оптимизации используется минимум затрат на производство и распределение электроэнергии. Постоянная часть этих затрат содержит издержки на ремонт и эксплуатацию оборудования, заработную плату персонала и практически не зависит от энергетического режима. Переменная часть издержек, называется топливной составляющей, связана с затратами на приобретение, транспортировку и подготовку топлива.

В зависимости от того как активная генерация будет распределена между электростанциями, издержки на топливо будут различными. Издержки на топливо на каждой электростанции определяются ее расходом топлива.

Расход топлива в единицу времени связан с выдаваемой станцией мощностью - расходной характеристикой станции. Расходные характеристики станции зависят от типа регулирования теплового оборудования и являются сложными нелинейными характеристиками.

Расходные характеристики электростанций *Вк = f (Pk)* строятся по выражению:



где

*nk -* число агрегатов на *к*-ой станции;

*βk -* удельная расходная характеристика агрегата для *k-*ой станции, тут/кВт·ч.

Для ЭС-1: ,



Для ЭС-2: ,



Для построения графиков результаты расчета сводим в таблицу 16-17:

Таблица 16. Расходные характеристики агрегатов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pн | В | DB/DP | B/P |
| 8,813 | 0,095 | 0,0066 | 0,0108 |
| 17,625 | 0,096 | 0,023 | 0,0055 |
| 26,438 | 0,099 | 0,0478 | 0,0037 |
| 35,25 | 0,104 | 0,0802 | 0,0029 |
| 44,063 | 0,111 | 0,1198 | 0,0025 |
| 52,875 | 0,122 | 0,1663 | 0,0023 |
| 61,688 | 0,136 | 0,2195 | 0,0022 |
| 70,5 | 0,155 | 0,2791 | 0,0022 |
| 79,313 | 0,178 | 0,345 | 0,0022 |
| 88,125 | 0, 207 | 0,4171 | 0,0023 |
| 96,938 | 0,241 | 0,4951 | 0,0025 |
| 105,75 | 0,281 | 0,5791 | 0,0027 |
| 114,563 | 0,328 | 0,6688 | 0,0029 |
| 123,375 | 0,382 | 0,7643 | 0,0031 |
| 132,188 | 0,443 | 0,8653 | 0,0033 |
| 141 | 0,512 | 0,9719 | 0,0036 |
| 149,813 | 0,589 | 1,084 | 0,0039 |
| 158,625 | 0,674 | 1, 2014 | 0,0043 |
| 167,438 | 0,769 | 1,3242 | 0,0047 |

Таблица 17. Расходные характеристики агрегатов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pн | В | DB/DP | B/P |
| 17,625 | 0,11 | 0,0017 | 0,0062 |
| 35,25 | 0,11 | 0,009 | 0,0031 |
| 52,875 | 0,112 | 0,0237 | 0,0021 |
| 70,5 | 0,114 | 0,0473 | 0,0016 |
| 88,125 | 0,119 | 0,0807 | 0,0013 |
| 105,75 | 0,127 | 0,1251 | 0,0012 |
| 123,375 | 0,138 | 0,1811 | 0,0011 |
| 141 | 0,154 | 0,2494 | 0,0011 |
| 158,625 | 0,176 | 0,3309 | 0,0011 |
| 176,25 | 0, 204 | 0,4262 | 0,0011 |
| 193,785 | 0,24 | 0,5357 | 0,0012 |
| 211,5 | 0,285 | 0,6601 | 0,0013 |
| 229,125 | 0,339 | 0,7999 | 0,0015 |
| 246,75 | 0,405 | 0,9556 | 0,0016 |
| 264,375 | 0,483 | 1,1277 | 0,0018 |
| 282 | 0,575 | 1,3166 | 0,002 |
| 299,625 | 0,681 | 1,5228 | 0,0023 |
| 317,25 | 0,804 | 1,7467 | 0,0025 |
| 334,875 | 0,944 | 1,9887 | 0,0028 |



*Рисунок 6* - Зависимость расхода топлива от мощности нагрузки.



*Рисунок 7* - Зависимость В/Р=f (Рк).



*Рисунок 8* - Зависимость расхода топлива от мощности нагрузки.



*Рисунок 9* - Зависимость В/Р=f (Рк).

В таблицах 18,19 представлены расходные характеристики электростанций.

Таблица 18. Расходные характеристики ЭС1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pн | В | DB/DP | B/P |
| 8,813 | 0,475 | 0,033 | 0,054 |
| 17,625 | 0,48 | 0,115 | 0,0275 |
| 26,438 | 0,495 | 0,239 | 0,0185 |
| 35,25 | 0,52 | 0,401 | 0,0145 |
| 44,063 | 0,555 | 0,599 | 0,0125 |
| 52,875 | 0,61 | 0,8315 | 0,0115 |
| 61,688 | 0,68 | 1,0975 | 0,011 |
| 70,5 | 0,775 | 1,3955 | 0,011 |
| 79,313 | 0,89 | 1,725 | 0,011 |
| 88,125 | 1,035 | 2,0855 | 0,0115 |
| 96,938 | 1, 205 | 2,4755 | 0,0125 |
| 105,75 | 1,405 | 2,8955 | 0,0135 |
| 114,563 | 1,64 | 3,344 | 0,0145 |
| 123,375 | 1,91 | 3,8215 | 0,0155 |
| 132,188 | 2,215 | 4,3265 | 0,0165 |
| 141 | 2,56 | 4,8595 | 0,018 |
| 149,813 | 2,945 | 5,42 | 0,0195 |
| 158,625 | 3,37 | 6,007 | 0,0215 |
| 167,438 | 3,845 | 6,621 | 0,0235 |
| 176,25 | 4,365 | 7,2615 | 0,025 |

Таблица 19. Расходные характеристики ЭС2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pн | В | DB/DP | B/P |
| 17,625 | 0,44 | 0,0068 | 0,0248 |
| 35,25 | 0,44 | 0,036 | 0,0124 |
| 52,875 | 0,448 | 0,0948 | 0,0084 |
| 70,5 | 0,456 | 0,1892 | 0,0064 |
| 88,125 | 0,476 | 0,3228 | 0,0052 |
| 105,75 | 0,508 | 0,5004 | 0,0048 |
| 123,375 | 0,552 | 0,7244 | 0,0044 |
| 141 | 0,616 | 0,9976 | 0,0044 |
| 158,625 | 0,704 | 1,3236 | 0,0044 |
| 176,25 | 0,816 | 1,7048 | 0,0044 |
| 193,785 | 0,96 | 2,1428 | 0,0048 |
| 211,5 | 1,14 | 2,6404 | 0,0052 |
| 229,125 | 1,356 | 3, 1996 | 0,006 |
| 246,75 | 1,62 | 3,8224 | 0,0064 |
| 264,375 | 1,932 | 4,5108 | 0,0072 |
| 282 | 2,3 | 5,2664 | 0,008 |
| 299,625 | 2,724 | 6,0912 | 0,0092 |
| 317,25 | 3,216 | 6,9868 | 0,01 |
| 334,875 | 3,776 | 7,9548 | 0,0112 |
| 352,5 | 4,408 | 8,9972 | 0,0124 |



*Рисунок 10* - Зависимость расхода топлива от мощности нагрузки.



*Рисунок 11* - Зависимость В/Р=f (Рк).



*Рисунок 12* - Зависимость расхода топлива от мощности нагрузки.



*Рисунок 13* - Зависимость В/Р=f (Рк).

Количество питающих линий для нагрузок определяется как:



где *Р*пр - пропускная способность линии, взятая из таблицы 20.

Таблица 20.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Напряжение линии | Сечение провода | Передаваемая мощность, МВт | | Длина линии Электропередач, км | |
| *U*, кВ | *h*, мм | Натуральная | При плотности тока 1.1 А/мм2 | Предельная при КПД=0.9 | Средняя (между двумя соседними пс) |
| 10 | - | - | 5 | - | - |
| 35 | 16 - 150 | - | 12 | 50 | - |
| 110 | 70 - 240 | 30 | 13 - 45 | 80 | 25 |
| 220 | 240 - 400 | 135 | 90 - 150 | 400 | 100 |
| 330 | 3×300 - 3×500 | 360 | 270 - 450 | 700 | 130 |
| 500 | 5×300 - 3×500 | 900 | 770 - 1300 | 1200 | 280 |
| 750 | 5×300 - 5×400 | 2100 | 1500 - 2000 | 2200 | 300 |
| 1150 | 8×300 - 8×500 | 5200 | 4000 - 6000 | 3000 | - |

Для нагрузки Н7:



Для нагрузки Н8:



## 2. Определение коэффициентов формулы потерь активной и реактивной мощностей. Экономическое распределение активной мощности между электростанции по критерию: "Минимум потерь активной мощности"

Критерием экономичного распределения активной мощности является минимум затрат на ведение режима энергосистемы, который характеризуется равенством удельных приростов этих затрат.

Распределение активных мощностей между электростанциями ведётся с учётом изменения потерь в сетях. Для этого необходимо знать коэффициенты распределения активных мощностей *С1, С2, С12*.

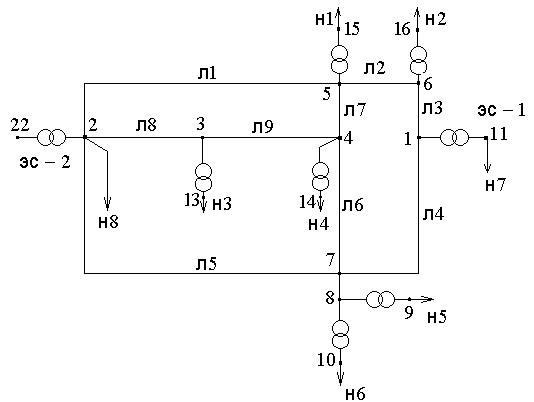
Данные коэффициенты определится для часа максимума системного графика нагрузки и ремонтного режима. Сделать это можно аналитически при помощи метода наложения.

Для каждого из вышеперечисленных режимов следует произвести расчет потоков мощности в сетевой части схемы (рис.2) при поочередном питании от обеих станций:

1) питание осуществляется от ЭС-1;

2) питание осуществляется от ЭС-2.

Расчет потоков мощности можно произвести по любой из программ расчета установившегося режима, например по программе DAKAR.



*Рисунок 13* − Расчётная схема энергосистемы.

Расчет потоков мощности можно произвести по любой из программ расчета установившегося режима, например по программе DAKAR.

Далее определяются частичные потоки активной мощности в относительных единицах, когда одна из электростанций отключена:

,



Для режима, соответствующего часу максимума:

,



По результатам расчетов следует заполнить таблицу 20.

Таблица 21. Коэффициенты распределения активной мощности.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  ЛЭП | *R*л*i*, Ом | *k*1*i* | *k*2*i* | *k1ik1*i*Rл*i | *k*2*ik*2*iR*л*i* | *k*1*ik*2*iR*л*i* |
| 1 | 6,490 | -0,128 | -0,127 | 0,107 | 0,105 | 0,106 |
| 2 | 6,962 | 0,244 | -0,169 | 0,415 | 0, 198 | -0,287 |
| 3 | 3,304 | 0,273 | -0,106 | 0,246 | 0,037 | -0,095 |
| 4 | 4,956 | 0,473 | -0,187 | 1,110 | 0,174 | -0,439 |
| 5 | 5, 192 | -0,211 | 0,356 | 0,231 | 0,657 | -0,390 |
| 6 | 6,018 | 0,092 | -0,046 | 0,050 | 0,013 | -0,025 |
| 7 | 4,602 | -0,057 | -0,013 | 0,015 | 0,001 | 0,003 |
| 8 | 5,782 | -0,047 | 0,188 | 0,013 | 0, 205 | -0,051 |
| 9 | 3,422 | 0,093 | -0,109 | 0,029 | 0,040 | -0,034 |
|  | | | | 2,217 | 1,429 | -1,213 |

Просуммировав элементы по 5, 6 и 7 столбцам получаем искомые коэффициенты распределения активной мощности сети *С*1*, С*2*, С*12.

Таблица 22. Коэффициенты распределения активной мощности для аварийного режима

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| . №  ЛЭП | *R*л*i*, Ом | *k*1*i* | *k*2*i* | *k1ik1*i*Rл*i | *k*2*ik*2*iR*л*i* | *k*1*ik*2*iR*л*i* |
| 1 | 6,490 | -0,106 | 0,159 | 0,072 | 0,164 | -0,109 |
| 2 | 6,962 | 0,272 | -0,129 | 0,515 | 0,115 | -0,244 |
| 3 | 3,304 | 0,303 | -0,108 | 0,304 | 0,038 | -0,108 |
| 4 | 4,956 | 0,437 | -0,156 | 0,948 | 0,120 | -0,338 |
| 5 | 5, 192 | -0,263 | 0,285 | 0,359 | 0,422 | -0,389 |
| 6 | 6,018 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 7 | 4,602 | -0,101 | 0,016 | 0,047 | 0,001 | -0,008 |
| 8 | 5,782 | -0,009 | 0,122 | 0,001 | 0,085 | -0,007 |
| 9 | 3,422 | 0,050 | -0,072 | 0,009 | 0,018 | -0,012 |
|  | | | | 2,25526 | 0,96481 | -1,21451 |

## 3. Экономичное распределение активной нагрузки между электростанциями по критерию равенства относительных приростов расхода условного топлива с учетом сетевого фактора. Построение суточных графиков активных мощностей для электростанции

В рассматриваемой энергосистеме регулирование частоты следует поручить одной из электростанций, которую называют регулирующей.

Это необходимо для того, чтобы выделить станцию, работающую с относительно постоянной нагрузкой, в базовой части графика нагрузки энергосистемы.

Для того чтобы выбрать регулирующую станцию необходимо найти резервы мощности в час максимальной нагрузки.

Резервную мощность каждой электростанции можно определить следующим образом:



Установленная мощность станций:



*Рэк -* берется из расчетов распределения активной мощности в энергосистеме (для максимального режима).



В качестве регулирующей выбирается электростанция, имеющая большую резервную мощность, другая электростанция будет работать в базовом режиме, с постоянной мощностью.



*Рисунок 13* − Уточнённые суточные графики электростанций.

Таблица 23. Уточненные данные диспетчерского графика нагрузок.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Рсист, МВт | Рст1, МВт | Рст2, МВт |
| 0 | 974,92 | 459,78 | 515,14 |
| 2 | 974,92 | 459,78 | 515,14 |
| 2 | 950,95 | 459,78 | 491,17 |
| 4 | 950,95 | 459,78 | 491,17 |
| 4 | 977,74 | 459,78 | 517,96 |
| 6 | 977,74 | 459,78 | 517,96 |
| 6 | 1082,73 | 459,78 | 622,95 |
| 8 | 1082,73 | 459,78 | 622,95 |
| 8 | 1145,5 | 459,78 | 685,72 |
| 9 | 1145,5 | 459,78 | 685,72 |
| 9 | 1145,5 | 395,38 | 750,12 |
| 10 | 1145,5 | 395,38 | 750,12 |
| 10 | 1088,63 | 459,78 | 628,85 |
| 12 | 1088,63 | 459,78 | 628,85 |
| 12 | 1055,77 | 459,78 | 595,99 |
| 14 | 1055,77 | 459,78 | 595,99 |
| 14 | 1150,31 | 459,78 | 690,53 |
| 16 | 1150,31 | 459,78 | 690,53 |
| 16 | 1113,04 | 459,78 | 653,26 |
| 18 | 1113,04 | 459,78 | 653,26 |
| 18 | 1058,38 | 459,78 | 598,6 |
| 20 | 1058,38 | 459,78 | 598,6 |
| 20 | 1010,71 | 459,78 | 550,93 |
| 22 | 1010,71 | 459,78 | 550,93 |
| 22 | 986,63 | 459,78 | 526,85 |
| 24 | 986,63 | 459,78 | 526,85 |

## Литература

1. Баркан Я.О. Эксплуатация энергосистем. - М.: Высшая школа, 1990. - 304 с.

2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. - М.: Энергия, 2002. - 288 с.

3. Совалов С.А. Режимы единой энергосистемы. - М.: Энергия, 1983. - 384 с.

4. Маркович И.М. Режимы энергетических систем. - М.: Энергия, 1969. - 352 с.