

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ АВТОНОМНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОАО «САХАЭНЕРГО»**

*С.Г.Обухов, Н.М.Парников*

Томский политехнический университет, г.Томск

ОАО «Сахаэнерго», г.Якутск

serob99@mail.ru

*Предложена методика выбора оптимального оперативного резерва мощности автономных дизельных электростанций по критерию минимума приведенных затрат. Процесс применения методики проиллюстрирован на конкретном примере.*

*Ключевые слова:* децентрализованные системы электроснабжения, автономная дизельная электростанция, уровень надежности электроснабжения потребителей.

При выборе рационального числа и мощности силовых агрегатов дизельных электростанций (ДЭС), используемых в качестве основного источника электроснабжения децентрализованных потребителей, обычно ориентируются на покрытие максимума электрической нагрузки и обеспечение возможности запуска крупных электродвигателей. Вопросы оптимизации оперативного резерва мощности электростанций, как правило, не затрагиваются. Между тем этот показатель крайне важен, так как нарушение электроснабжения потребителей связано не только со значительными материальными потерями, но и приводит к негативному социальному эффекту.

Оптимизация оперативного резерва мощности ДЭС особенно актуальна для ОАО «Сахаэнерго» – предприятия, обеспечивающего электроснабжение потребителей в децентрализованных зонах Республики Саха (Якутия). Объективные трудности предприятия, связанные с оперативным проведением ремонтных работ при внезапном отказе основного генерирующего оборудования, обусловленные огромной территорией обслуживания и низким уровнем развития инфраструктуры, требуют тщательного изучения вопроса оптимизации оперативного резерва мощности ДЭС. Рациональный выбор оперативного резерва мощности ДЭС обеспечит необходимый уровень надежности электроснабжения потребителей в суровых климатических условиях региона.

Коэффициенты технического использования электроагрегатов и электростанций определены в ГОСТ 20439-87 «Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Требования к надежности и методы контроля». Однако, используемые в расчетах показатели надежности, справедливы только в пределах назначенного ресурса до капитального ремонта электроагрегатов, которые устанавливаются техническими условиями на двигатель конкретного типа. Для отечественных дизельных двигателей Ярославского моторного завода назначенный ресурс до капитального ремонта составляет от 8 до 30 тыс. моточасов. Согласно ГОСТ 20439-87 90 %-ный срок сохраняемости в эксплуатации электроагрегатов и электростанций, выпускаемых до 01.01.95 г., составляет не менее 3 лет.

Проведенный анализ состояния основного генерирующего оборудования ДЭС «Сахаэнерго» показывает, что среднее время наработки на один агрегат в 2007 году превысило 25000 часов, а среднее время нахождения в эксплуатации силовых агрегатов значительно превышает три года. В данных условиях интенсивность отказов дизель-

генераторов ДЭС резко увеличивается, что приводит к неизбежному снижению коэффициента технического использования по мере увеличения срока эксплуатации основного силового оборудования.

Вероятностная зависимость интенсивности отказов объекта от времени эксплуатации обычно описывается двухпараметрическим распределением Вейбулла (рис.1), согласно которому плотность вероятности момента отказа описывается выражением:

$$f(t) = \lambda \delta t^{\delta-1} \cdot e^{-\lambda t^\delta} \quad (1)$$

где  $\delta$  - параметр формы (определяется подбором в результате обработки экспериментальных данных,  $\delta > 0$ );  $\lambda$  - параметр масштаба.

Интенсивность отказов определяется по выражению:

$$\lambda(t) = \lambda \delta t^{\delta-1} \quad (2)$$

Вероятность безотказной работы:

$$P(t) = \int_0^t e^{-\lambda(t)dt} = e^{-\lambda t^\delta} \quad (3)$$

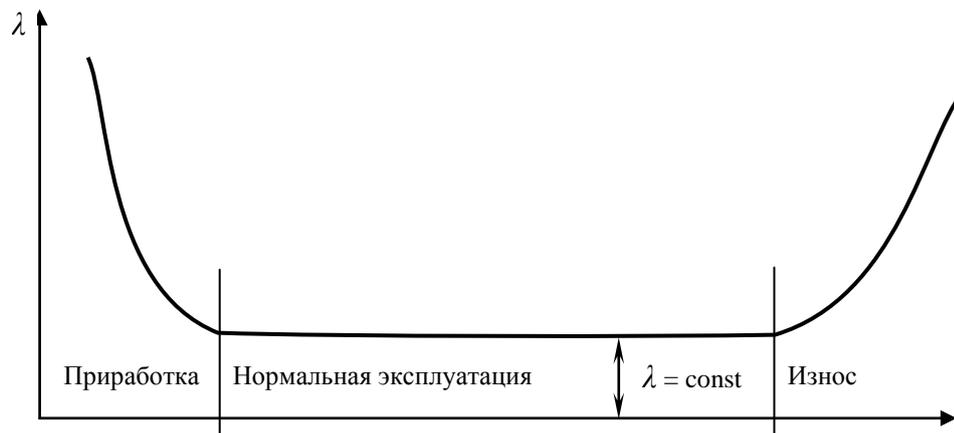


Рис. 1. Зависимость интенсивности отказов от времени эксплуатации

При  $\delta < 1$  интенсивность отказов монотонно убывает (период приработки), а при  $\delta > 1$  монотонно возрастает (период износа). Параметр  $\delta$ , на каждом из трех участков можно определить по экспериментальным статистическим данным, собранным за несколько лет эксплуатации ДЭС. В результате можно получить такую теоретическую кривую  $\lambda(t)$ , которая достаточно близко совпадает с экспериментальной кривой, и тогда расчет требуемых показателей надежности можно производить на основе известной закономерности.

Данный подход обеспечит высокую достоверность расчетов, однако он связан с необходимостью проведения довольно сложных предварительных исследований. К тому же его практическая реализация осложнена тем обстоятельством, что на многих ДЭС «Сахазэнерго» применяются различные типоразмеры силовых агрегатов. В этих условиях вполне оправданным представляется упрощенный вариант определения вероятности безотказной работы силовых агрегатов ДЭС. С учетом типичного для многих новых объектов промышленности срока окупаемости капиталовложений в 7 лет и нормируемых показателей надежности электроагрегатов и электростанций с двигателями внутреннего сгорания величину предельного коэффициента технического использования силовых агрегатов можно оценить значением 0,75. Этот показатель

характеризует среднюю продолжительность проведения текущих, капитальных ремонтов и необходимого сервисного обслуживания дизель-генераторов, связанных с необходимостью их вывода из работы, не более чем на 3 месяца в календарном году.

Тогда в качестве критерия оптимальности оптимизационной задачи по определению резерва оперативной мощности ДЭС «Сахаэнерго» можно принять минимум приведенных затрат на установку и эксплуатацию дополнительно вводимой мощности:

$$Z_{\Delta P} + Y = k_0 \cdot \Delta P \cdot (E_n + p_3) + \Delta \mathcal{E} \cdot y_0, \text{ руб} \quad (4)$$

где  $\Delta P$  – установленная мощность резервных дизель-генераторов, кВт;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (в расчетах принимался равным 0.15, что соответствует сроку окупаемости 6.5 лет);  $k_0$  – удельные капитальные вложения в резерв мощности, руб/кВт;  $p_3 = 0,08$  – отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание дополнительных дизель-генераторов;  $Y$  – экономический ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям, руб;  $\Delta \mathcal{E}$  – математическое ожидание ущерба от недоотпуска электроэнергии, кВт;  $y_0$  – удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии, руб/кВт·ч.

Для удобства сервисного обслуживания типоразмер дополнительных дизель-генераторов примем таким же что и рабочих силовых агрегатов. Так как искомая переменная оптимизационной задачи является целочисленной (количество дополнительных дизель-генераторов), критерий оптимизации можно представить в более удобной для выполнения вычислений форме:

$$Z = Z_{\Delta P} + Y = n \cdot K \cdot (E_n + p_3) + \Delta \mathcal{E} \cdot y_0, \text{ руб} \quad (5)$$

где  $n$  – количество дополнительных дизель-генераторов, шт.;  $K$  – стоимость энергоустановки на базе одного силового агрегата, руб.

Выполнение расчетов по определению оптимального резерва мощности проиллюстрируем на примере Жиганской ДЭС, количество рабочих силовых агрегатов которой определено с использованием методики, приведенной в [1]. В качестве исходных данных оптимизационной задачи примем следующие значения:

1. Базовым вариантом исполнения Жиганской ДЭС является станция, построенная на базе 5 рабочих дизель-генераторов с номинальной мощностью 630 кВт (резерв мощности 0 агрегатов).
2. Стоимость комплектной ДЭС на базе одного силового агрегата мощностью 630 кВт составляет 4111397 руб.
3. Нагрузка станции соответствует фактическому графику, приведенному на рис.2.
4. Удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям  $y_0 = 25$  руб/кВт·ч

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

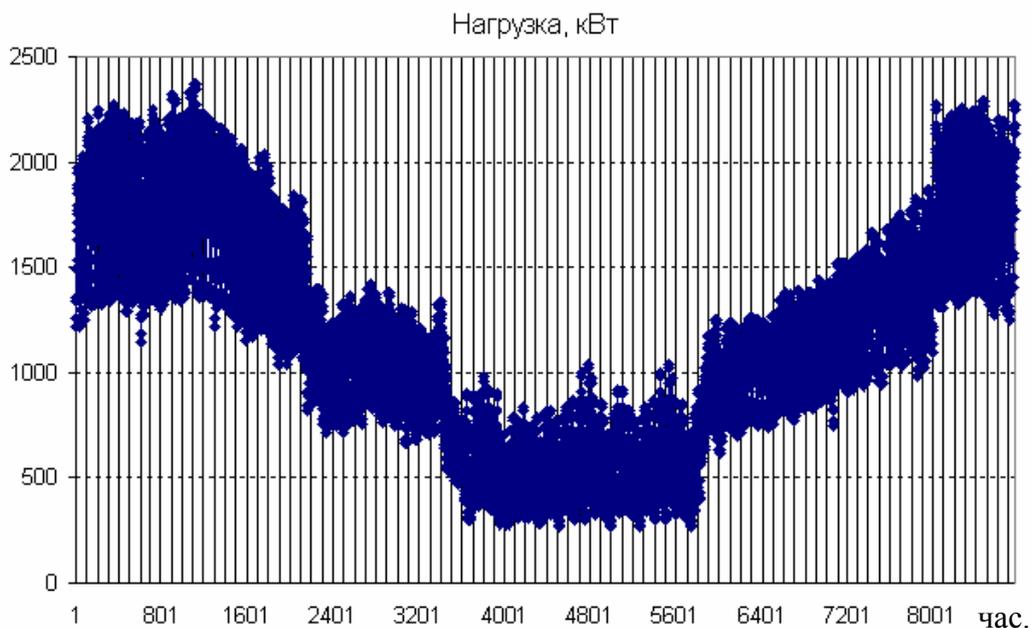


Рис.2. Годовой график нагрузки ДЭС Жиганск в 2007 году

Табл.1

Оптимизация оперативного резерва мощности Жиганской ДЭС

Количество дополнительных агрегатов	$n$	шт.	0	1	2	3	4
Математическое ожидание ущерба от недоотпуска электроэнергии	$\Delta \mathcal{E}$	тыс.кВт	271,29	101,09	35,986	12,352	4,115
Приведенные капитальные вложения в дополнительные силовые агрегаты	$Z_{\text{ДР}}$	тыс.руб	0	945,62	1891,2	2836,9	3782,5
Экономический ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям	$Y$	тыс.руб	6782,3	2527,2	899,65	308,8	102,88
Затраты на установку и эксплуатацию дополнительно вводимых агрегатов	$Z$	тыс.руб	6782,3	3472,8	2790,9	3145,7	3885,4

При принятых в условиях задачи исходных данных и упрощающих допущений оптимальным резервом мощности для Жиганской ДЭС являются два дополнительных дизель-генератора.

На рис.3 приведены расчетные зависимости приведенных затрат на установку и эксплуатацию дополнительно вводимых силовых агрегатов Жиганской ДЭС для двух значений удельного ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям:

$$1 - y_0 = 25 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч};$$

$$2 - y_0 = 60 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч}.$$

Из рис.3 видно, что при втором принятом варианте оптимальным резервом мощности для Жиганской ДЭС будут три дополнительных дизель-генератора.

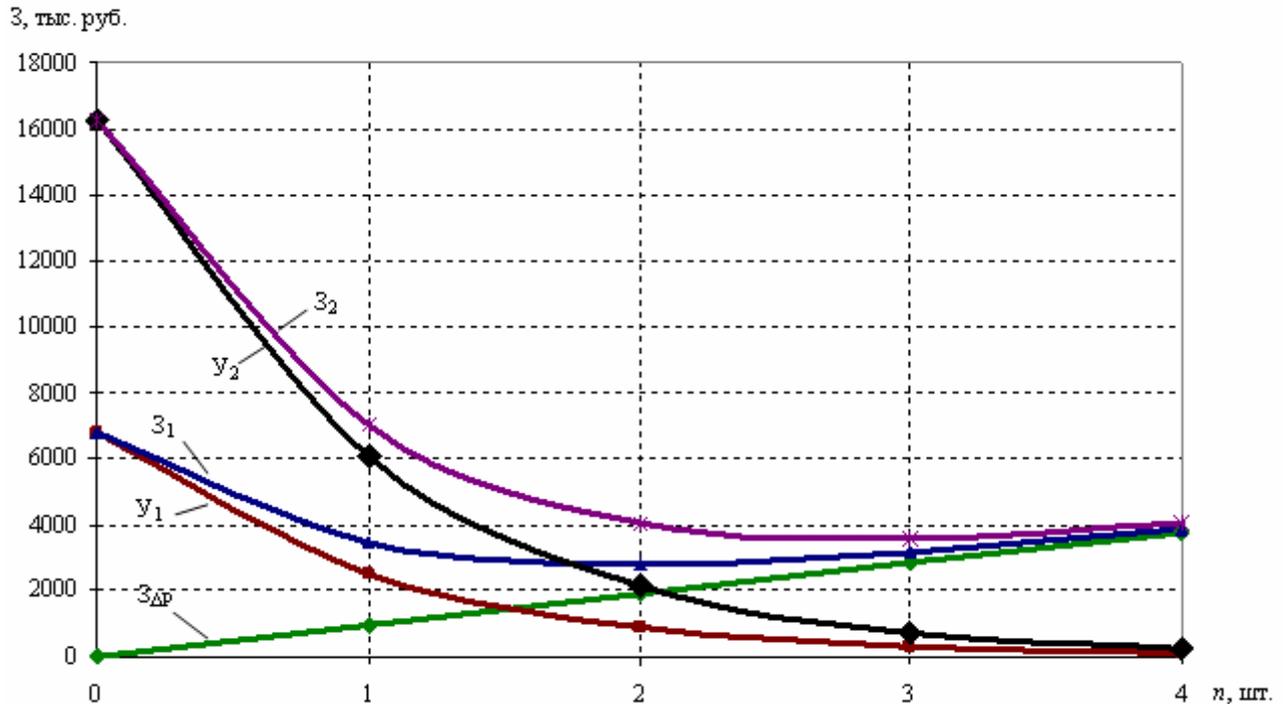


Рис.3. Оптимизация оперативного резерва мощности Жиганской ДЭС

Предложенная выше методика использована при определении оперативного резерва мощности и для других ДЭС «Сахаэнерго» и доказала свою универсальность и простоту использования.

Выбор основного генерирующего оборудования ДЭС по предлагаемой методике позволяет обеспечить требуемый уровень надежности электроснабжения потребителей, что немаловажно в суровых климатических условиях региона.

Литература:

1. Лукутин Б.В., Обухов С.Г., Шутов Е.А., Парников Н.М. Оптимизация числа и мощности дизель-генераторов автономной дизельной электростанции. – Промышленная энергетика, 2009, №11, С.27-32.