

ЛЕКЦИЯ 5

ГРАФИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПЕРИОД ДЕЙСТВИЯ АВАРИЙНОЙ БРОНИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

5.1 Графики электрической нагрузки при ограничениях электроснабжения или форс-мажорных обстоятельствах

Суточные ГЭН предприятия для наглядности и простоты обработки осредняются за получасовые интервалы, поэтому представляют собой ступенчатое изменение потребляемой мощности во времени. Степень их неравномерности характеризуется значениями **коэффициентов неравномерности и заполнения группового ГЭН**, которые могут быть ≤ 1 и определяются:

$$\alpha_n = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}, \quad (10)$$

$$K_{3z} = \frac{P_{cp}}{P_{\max}}, \quad (11)$$

где P_{\min} , P_{\max} и P_{cp} – минимальная, максимальная и средняя суммарная нагрузка соответственно.

При нормальной работе предприятия и энергосистемы и оплате электроэнергии по одноставочному тарифу, когда предприятие не заинтересовано в регулировании режимов электропотребления, значения α_n и K_{3z} невысоки, а ГЭН характеризуется значительной неравномерностью и имеет два (три) ярко выраженных пика и провала потребления мощности (рис.1, а).

При вступлении в действие режимных ограничений электроснабжения (оплата электроэнергии производится по дифференцированному по зонам суток тарифу) предприятие выполняет регулирование режимов электропотребления за счет изменения режимов работы потребителей-регуляторов и переносит часть электропотребления из пиковой зоны в полупиковую и (или) зону ночного провала (рис.1, б). Здесь в общем случае наблюдается еще большее увеличение неравномерности ГЭН, поэтому значения α_n и K_{3z} снижаются по сравнению с первым графиком. Следует отметить, что максимальная нагрузка при регулировании режимов электропотребления $P_{мреж}$ может снизиться по сравнению с P_m , которая рассчитывается на стадии проектирования (как показано на рис.1, б), однако может остаться неизменной и даже увеличиться, что приведет к перегрузке элементов системы электроснабжения и другим вытекающим отсюда негативным последствиям.

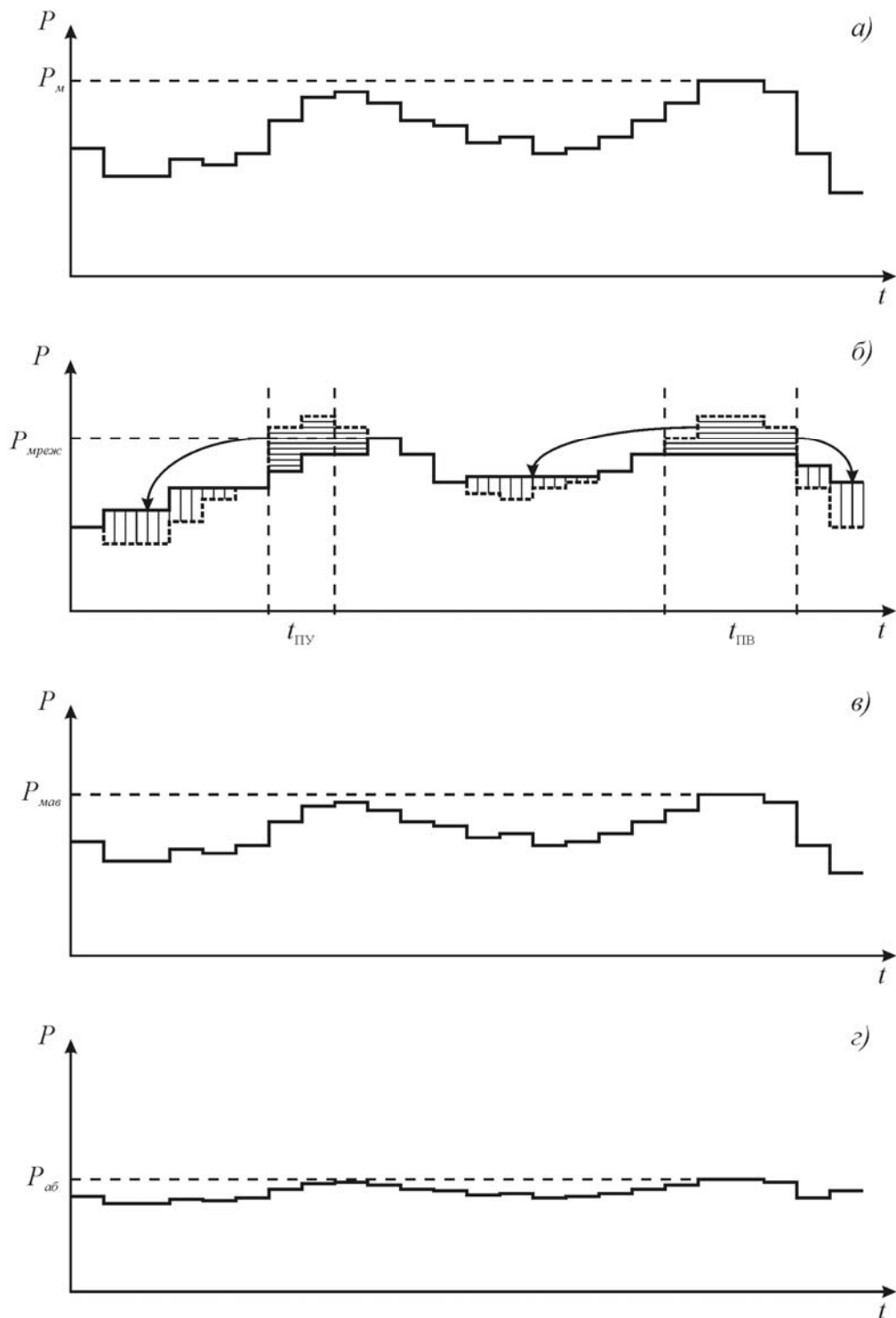


Рис.1. ГЭН предприятия при нормальной работе и ограничениях электроснабжения

Аварийные ограничения электроснабжения, связанные с дефицитом мощности в энергосистеме, заставляют последнюю ограничивать предприятия в потреблении электроэнергии на определенное время (рис.1, в). Для таких режимов на каждом предприятии существует перечень электроприемников, разбитый по очередям, которые отключаются без существенного ущерба технологическому процессу. В этом случае максимальная нагрузка $P_{\text{мав}}$ устанавливается уже энергосистемой и, естественно, она ниже значений $P_{\text{мреж}}$ и P_m . Неравномерность ГЭН обычно уменьшается и, следовательно, увеличиваются коэффициенты α_n и K_{32} . Следует

помнить, что значение P_{max} может снижаться энергосистемой не ниже уровня мощности АБ, если таковая утверждена двусторонним Актом.

При возникновении форс-мажорных обстоятельств для предприятия может быть два источника для покрытия электрической мощности $P_{аб}$: энергосистема или автономный источник электроэнергии (АИЭ). В любом случае существует необходимость максимального выравнивания суточного ГЭН для выполнения условий энергосистемы или минимизации мощности АИЭ и, следовательно, снижения денежных затрат (рис.1, г). Очевидно, что для этого графика характерны максимальные значения α_n и $K_{зг}$ и минимальное значение доступной мощности, что ставит предприятие в жесткие рамки.

Чтобы оценить рассмотренные ГЭН, проанализируем их неравномерность, например, для угольной шахты. Графики электропотребления при свободном технологическом процессе без учета тарифных ограничений имеют сравнительно небольшую неравномерность с коэффициентом 0,7-0,8. При регулировании режимов электропотребления коэффициент неравномерности ГЭН шахты значительно снижается и составляет 0,55-0,7. Такое снижение связано с изменением режима работы потребителей-регуляторов. При обеспечении аварийной брони электроснабжения, то есть во время действия чрезвычайных ограничений, когда шахта работает в режиме поддержания очистных забоев, коэффициент неравномерности графиков электропотребления составляет 0,5-0,62, что негативно сказывается на экономичности работы АИЭ.

5.2 Потребители-регуляторы, их значение для выравнивания графиков электрической нагрузки

Эффективное решение задач регулирования режимов электропотребления промышленного предприятия (шахты) может быть обеспечено созданием специализированной **системы потребителей-регуляторов** мощности на основе энергоемких электроприемников и средств управления энергообъектами. Система потребителей-регуляторов представляет собой совокупность электроприемников, сформированных по технологическим процессам и управляемым по единой программе в режиме регулирования нагрузки с целью формирования суточных графиков электрической нагрузки.

Одним из составляющих системы потребителей-регуляторов является технологическое устройство (**бункер, водосборник** и др.), позволяющее потребителю электрической энергии перейти в другой режим работы, который предусматривает возможность снижения электропотребления в часы максимума нагрузки в энергосистеме или другое какое-либо время суток.

Система потребителей-регуляторов для регулирования электропотребления формируется с учетом технологических и организационных мероприятий предприятия. Технологические мероприятия должны обеспечивать нормальное функционирование предприятий с заданной ритмичностью и выпуск продукции нормативного качества при соблюдении требований Правил безопасности, Правил технической эксплуатации и т.п.

Организационные мероприятия создают возможность планировать и осуществлять работу участков и цехов предприятия в режиме, обеспечивающем

выполнение производственной программы с учетом социальных требований. К организационным мероприятиям можно отнести допустимые пределы интенсивности работы участков в ночные периоды времени, выходные, праздничные дни и различные сезоны года.

На основании обследований технологических процессов и системного анализа технологических и организационных возможностей и ограничений потребителями-регуляторами, являются (например, для угольной шахты):

- для технологических процессов добычи и транспортирования угля и транспорта породы – энергоемкие электроприемники (привода) скиповых подъемных установок и магистральных ленточных конвейерных линий в шахте и на поверхности;

- для технологического процесса откачки шахтных вод – электродвигатели насосных агрегатов и установок.

5.3 Методы выравнивания графиков электрической нагрузки

Следует отметить, что задача выравнивания ГЭН предприятия является специфической и не получила должного распространения ввиду того, что при нормальной работе существует наоборот необходимость регулирования режимов электропотребления и, следовательно, повышения неравномерности ГЭН. Выравнивание графика нагрузки нужно выполнять для условий действия АБ.

Теоретическая основа решения задачи выравнивания группового ГЭН состоит в задании сдвигов между моментами включения электроприемников, приводящих к минимуму дисперсии. Однако, несмотря на всю ее состоятельность, недостаточно разработана методика корректировки сдвига с учетом технологических ограничений, что очень важно, т.к. первичным является технологический процесс, а вторичным – режим электропотребления.

Условно **методы моделирования** групповых ГЭН можно разделить на две группы: "**вероятностные**", то есть те, которые используют методы математической статистики и теории вероятностей, и "**технологические**" – не использующие. К первой группе относятся: метод Монте-Карло, квантованием времени, аппроксимацией математической функцией и статистический. В качестве первичной информации эти методы используют известные индивидуальные графики и их характеристики (коэффициенты формы и максимума, максимальную и среднюю нагрузки, дисперсию нагрузки, взаимно корреляционные функции и т.д.) и осуществляют их сдвиг во времени друг относительно друга случайным образом. Критерий выбора групповых графиков – минимум дисперсии нагрузки.

К основным "**вероятностным**" **методам выравнивания** групповых ГЭН относятся: приоритетно-шаговый и корреляционно-резонансный. Они используются для определения пиков и колебаний электрических нагрузок, выбора оборудования и не позволяют осуществить управление электроприемниками по индивидуальным графикам (для условий действия АБ необходимо "извлечь" их из смоделированного группового ГЭН, чтобы знать режим работы каждого потребителя). Также для таких условий не существует известных индивидуальных и групповых ГЭН, поэтому их необходимо моделировать по технологическим режимам.

Указанные недостатки позволяют устранить "технологические" методы выравнивания, которые в качестве критерия выбора групповых ГЭН используют максимальные значения коэффициентов неравномерности или заполнения графика как те, которые позволяют наглядно оценить его неравномерность. Такие методы удачно дополняют друг друга и позволяют не только максимально выровнять ГЭН и определить минимальную мощность АБ, но и осуществить управление электроприемниками по смоделированным индивидуальным графикам. К ним относятся:

1. Метод полного перебора – заключается в суммировании реализаций индивидуальных графиков, полученных с помощью имитационного моделирования, определении для каждой суммы новой функции $P(t)$ и выборе по определенному критерию группового ГЭН;

2. Метод направленного перебора заключается в последовательном суммировании реализации графика одного технологического процесса с реализациями ГЭН другого процесса. Суть его состоит в том, что для всех реализаций первой последовательности, а также каждого отрезка времени $t_{i+1} - t_i = 0,5$ ч с мощностью P_{1i} , где $i = 1, 2, \dots, 48$, выбирается такое значение мощности второй последовательности P_{2i} , при котором выполнялось бы условие $P_{2i} + P_{1i} \leq \max(P_1)$ и соблюдались технологические условия работы электроприемников;

3. Метод шагового суммирования состоит в том, что с помощью циклического сдвига всех реализаций одной последовательности (одного технологического процесса) по отношению к другой последовательности (другому технологическому процессу) на величину $t=0,5$ ч и определению мощности для каждого сдвига отбираются групповые ГЭН по определенному критерию.