

### Методы определения уѳерба от нарушения электроснабжения промышленных предприятий со стороны энергосистемы

Перевод хозяйственных отношений электроснабжающих организаций и потребителей на действительно рыночные предполагает полную юридическую ответственность первых перед вторыми за причиненный экономический уѳерб потребителям в результате перерывов электроснабжения, вызвавших простои их производства.

Проведенные исследования уѳерба по промышленным предприятиям показали, что обычно применяемые методы оценки уѳерба промышленных потребителей из-за перерыва электроснабжения для выбора их оптимальных схем электроснабжения не применимы в полной мере для определения последствий нарушения электроснабжения предприятий со стороны энергосистемы.

Для обоснования этого важного принципиального положения рассмотрим условия возникновения перерывов электроснабжения и составляющие уѳерба в двух различных случаях:

из-за отказа в работе соответствующих элементов схемы электроснабжения самих потребителей;

перерывы по вине энергосистемы.

В первом случае перерывы в электроснабжении всегда происходят, внезапно для данного потребителя. Величина возникающего при этом уѳерба определяется главным образом внезапностью отключения электроприемников, при котором возможны поломка оборудования и инструмента, брак продукции, расстройство технологических процессов производства, и невыработкой продукции из-за простоя оборудования и рабочей силы.

Уѳерб от невыработки продукции из-за перерыва электроснабжения зависит от продолжительности восстановления схемы электроснабжения и особенностей режима работы предприятия.

Предприятия с прерывным производственным процессом могут при некоторых условиях (энергосистема не препятствует им в этом) восстановить невыпуск продукции после восстановления схемы электроснабжения и поэтому, несмотря на некоторое снижение рентабельности, несут меньший уѳерб по сравнению с предприятиями, работающими по непрерывному графику.

В рассматриваемом случае уѳерб от перерыва электроснабжения потребителя определяется для предприятия с непрерывным производственным процессом по выражению

$$U_{\Pi} = U_{\text{вн}} + U_{\text{ц.п.}}, \quad (1)$$

а для предприятия, работающего по прерывному графику, по формуле

$$U_{\Pi} = U_{\text{вн}} + U_{\text{д}}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{вн}}$  – уѳерб, связанный с фактом внезапности перерыва электроснабжения;  $U_{\text{н.п}}$  – уѳерб от невыпуска продукции из-за перерыва электроснабжения;  $U_{\text{д}}$  – уѳерб, возникающий дополнительно при компенсации невыпуска продукции после восстановления электроснабжения за счет оплаты простоя рабочих и сверхурочных работ.

В обоих приведенных выражениях имеется составляющая уѳерба  $U_{\text{вн}}$  и с ней, прежде всего, приходится считаться при проектировании схемы электроснабжения потребителя. На величину уѳерба  $U_{\text{вн}}$  решающее влияние оказывают наиболее ответственные электроприемники потребителя, требующие более высокой степени надежности электроснабжения. Эти электроприемники по мощности на подавляющем количестве предприятий не превышают 50% от общей нагрузки предприятия, однако по ним определяется уровень надежности внешней схемы электроснабжения предприятия.

Во втором случае, т. е. по вине энергосистемы, нарушения электроснабжения потребителей являются иными по своему характеру и последствиям.

В указанных ситуациях подвергаются временному отключению от центров питания энергосистемы исправные питающие линии (трансформаторы) потребителей, которые заблаговременно отбираются для указанных целей работниками энергосистемы. Поэтому энергосистема может существенно влиять на последствия нарушения электроснабжения потребителей. Как сказано выше, энергосистема может испытывать недостаток мощности либо электроэнергии. Может иметь место и то и другое.

Рассмотрим эти три возможных условия работы энергосистемы.

Наиболее тяжелым является состояние, при котором энергосистема испытывает недостаток мощности и электроэнергии одновременно. В этом случае энергосистема вынуждена отключать потребителей и запрещать компенсацию недоотпущенного потребителям за время перерыва количества электроэнергии после восстановления электроснабжения.

В общем случае ущерб промышленного предприятия ( $Y_{m}$ ) может быть выражен как сумма ущерба вследствие внезапности перерыва электроснабжения ( $Y_{ви}$ ), отключения электрической мощности ( $Y_{о.м}$ ), недополучения необходимого количества электроэнергии ( $Y_{н.э}$ ).

Потребители, в рассматриваемом случае, лишены возможности восполнить производство продукции, недоданной за время перерыва электроснабжения, и несут издержки:

- а) от недоиспользования производственных фондов ( $Y_{к}$ );
- б) из-за оплаты рабочим за вынужденный простой и возрастания доли общезаводских и общецеховых расходов в себестоимости выпускаемой продукции ( $Y_{ф}$ );
- в) из-за расходов по оплате за заявленную (присоединенную) мощность ( $Y_{он}$ ).

Первая часть ущерба определяется по выражению

$$Y_{к} = P_{н} \frac{K}{W_{г}} P_{от} \Delta t = P_{н} \frac{K}{W_{г}} W_{нед}, \quad (3)$$

где  $W_{нед}$  – количество недоотпущенной электроэнергии;  $W_{г}$  – годовое потребление электроэнергии;  $P_{от}$  – отключенная мощность (нагрузка);  $\Delta t$  – продолжительность нарушения электроснабжения:

$$\Delta t = t_{з} + t_{тех}$$

где  $t_{з}$  – продолжительность перерыва электроснабжения;

$t_{тех}$  – продолжительность наладки технологического процесса после восстановления электроснабжения.

Для наладки технологических процессов производства после восстановления электроснабжения в зависимости от вида производства требуется разное время. Выполненные нами обследования показали, что для предприятий текстильной промышленности это дополнительное время составляет от 15 мин до 2 ч; для машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий – от 1 до 2 ч; по предприятиям промышленности стройматериалов и по хлебобулочным заводам – до 4 ч.

Вторая составляющая ущерба может быть определена через отношение трудоемкости и энергоемкости предприятия:

$$Y_{ф} = a_{пр} \frac{\Phi_{г}}{W_{г}} W_{нед}, \quad (4)$$

где  $\Phi_{г}$  – годовой фонд зарплаты производственного персонала предприятия;  $a_{пр}$  – постоянный коэффициент, учитывающий особенности издержек предприятия при простое рабочих.

При этом  $a_{np}=a_1a_2a_3$  где  $a_1$  – учитывает уменьшение оплаты рабочим за время простоя (по Кодексу законов о труде);  $a_1 = 0,5$ ;  $a_2$  – учитывает, что часть рабочих (примерно 10%) во время перерыва используется на других работах;  $a_2=0,9$ ;  $a_3$  – учитывает, что при отключениях энергосистема, как правило, сохраняет электроснабжение нагрузок аварийной и технологической брони (до 30%);  $a_3 = 0,7-1$ .

Некоторым возрастанием доли обѳезаводских и обѳецеховых расходов в себестоимости выпускаемой продукции можно пренебречь.

Уѳерб из-за расходов по оплате за заявленную моѳность, участвующую в максимуме энергосистемы, или за присоединенную моѳность (по прейскуранту тарифов на электрическую энергию, введенному в действие с 1 июля 1967 г.) может быть определен по формуле

$$Y_{оп} = \frac{\gamma}{T} P_{от} \Delta t = \frac{\gamma}{T} W_{нед}, \quad (5)$$

где  $\gamma$  – размер годовой платы промпредприятий за один киловатт заявленной (моѳности, участвующей в максимуме энергосистемы, или за киловатт-ампер присоединенной моѳности (по действующему прейскуранту тарифов на электроэнергию).

Суммарный уѳерб промышленного предприятия ( $Y_{п.п}$ ), таким образом, при заранее известном дефиците равен:

$$Y_{п.п} = \left( P_H \frac{K}{W_\Gamma} + a_{np} \frac{\Phi_\Gamma}{W_\Gamma} + \frac{\gamma}{T} \right) \cdot W_{нед}. \quad (6)$$

Принимая во внимание, что плата за электроэнергию для промышленных предприятий предусмотрена за потребленный киловатт-час и за заявленную моѳность в часы максимума энергосистемы или за киловольт-ампер присоединенной моѳности, целесообразно расчлнить уѳерб на киловатт-час недоотпуенной энергии и киловатт отключенной моѳности.

Из формулы (1) находим:

$$Y_{п.п} = \left( P_H \frac{K}{W_\Gamma} + a_{пп} \frac{\Phi_\Gamma}{W_\Gamma} \right) \cdot W_{нед} + \frac{\gamma}{T} P_{от} \Delta t = a W_{нед} + \frac{\gamma}{T} P_{от} \Delta t, \text{ руб} \quad (7)$$

где  $a$  – удельный уѳерб от недоиспользования производственных фондов и оплаты рабочим за вынужденный простой, руб/(кВтч).

Однако в ряде случаев отключение установок потребителей может быть произведено внезапно.

При внезапном отключении может возникнуть уѳерб  $Y_{вн}$ .

Менее тяжелыми являются условия работы энергосистем с недостатком моѳности. Недостаток моѳности может быть вызван двумя причинами:

**а)** запаздыванием ввода новых генерирующих моѳностей на электростанциях от потребности народного хозяйства;

**б)** аварийным положением в энергосистеме.

В первом случае энергосистема заранее определяет возможность покрытия нагрузок потребителей и может заблаговременно предупредить потребителей о необходимости отключения соответствующей нагрузки на время дефицита моѳности.

Во втором случае отключение токоприемников производится внезапно без предупреждения и поэтому возможен уѳерб  $Y_{ан}$ .

В том и другом случае система в связи с отсутствием дефицита электроэнергии разрешает потребителям выбрать недополученное количество электроэнергии по окончании ограничения в моѳности. При этом недоотпуск электроэнергии бывает сравнительно небольшим, так как аварии в системе, как показывает практика, локализуются весьма быстро,

а дефицит моуности наблюдается кратковременно в часы суточного максимума нагрузки энергосистемы, в часы пик.

Однако не все потребители могут воспользоваться этими возможностями. Предприятия с непрерывным производственным процессом или трехсменные не располагают свободным временем для организации сверхурочных работ и поэтому лишены возможности выбрать недополученное количество электроэнергии по окончании ограничения в моуности. Что касается форсировки производственного процесса, то в отдельных случаях при кратковременных отключениях моуности при помоуи ее можно восстановить с некоторой задержкой во времени использование производственных фондов для выполнения заданного плана, но это отразится на рентабельности, так как возможности перевыполнения плана и соответственно повышения рентабельности будут ограничены.

Иначе складывается ууерб для одно- и двухсменных предприятий. Эти потребители могут за счет сверхурочных работ компенсировать недовыпуск продукции и восстановить с некоторой задержкой во времени использование производственных фондов.

Возникающий в рассматриваемом случае ууерб будет проявляться в виде удорожания себестоимости выпускаемой продукции, главным образом за счет оплаты простоя и сверхурочных работ.

Поэтому при описанных условиях работы системы и проводимых ею режимных мероприятий ууерб целесообразно определять отдельно для предприятий с прерывным производственным процессом и непрерывным.

На одно- и двухсменных предприятиях при некоторых условиях недовыпуск продукции может компенсироваться за счет организации сверхурочных работ.

Величина ууерба от отключения моуности ( $Y_{0.M}$ ) определится

$$Y_{0.M} = \left[ (a_{PP} + a_{CV}) \frac{\Phi_{\Gamma}}{W_{\Gamma}} + \frac{\gamma}{T} \right] \cdot W_{нед} = (a_{PP} + a_{CV}) \frac{\Phi_{\Gamma}}{W_{\Gamma}} W_{нед} + \frac{\gamma}{T} P_{OT} \Delta t = \delta W_{нед} + \frac{\gamma}{T} P_{OT} \Delta t \quad (8)$$

Здесь  $a_{CV}$  – коэффициент, учитывающий особенности издержек предприятия при организации сверхурочных работ.

При этом  $a_{CV} = a_2 a_3 a_4$ , где  $a_4$  – коэффициент, учитывающий оплату при сверхурочных работах (по Кодексу законов о труде);  $\delta$  – удельный ууерб от оплаты рабочим за простой и сверхурочные работы на предприятиях с прерывным производственным процессом, руб/(кВтч).

Предприятия с непрерывным производственным процесом не имеют возможности организовать сверхурочные работы и поэтому не могут компенсировать недовыпуск продукции при перерывах электроснабжения. Величина ууерба для таких предприятий определится по формуле (4).

Возникающий при внезапном отключении ууерб  $Y_{вн}$  прибавляется к ууербу, определенному по формулам (4) и (5).

В случае дефицита энергоресурсов энергосистема проводит ограничение потребителей с обязательным предупреждением их об этом.

Ограничения устанавливаются на сравнительно длительный период времени (измеряются не минутами и часами, как при дефиците моуности, а сутками и неделями). Потребителям не разрешается превышать установленный для них обнем электропотребления (обычно происходит корректировка планов электропотребления). В связи с этим предприятия вынуждены снижать производство продукции и нести издержки, определяемые по выражению

$$Y_{П.П} = \left( P_H \frac{K}{W_{\Gamma}} + a_{PP} \frac{\Phi_{\Gamma}}{W_{\Gamma}} \right) \cdot W_{нед} = \alpha W_{нед}. \quad (9)$$

При дефиците электроэнергии система, как правило, не прибегает к отключениям токоприемников потребителей и поэтому исключаются ууербы  $Y_{вн}$  и  $Y_{он}$ .

Уүерб  $U_{\text{вн}}$  зависит от многих труднооцениваемых факторов и его рекомендуется определять на данной стадии изучения проблемы непосредственным счетом.

Величина уүерба  $U_{\text{вн}}$  будет зависеть от того, какие электроприемники окажутся внезапно обесточенными при отключении питающих линий потребителей, и как долго будет продолжаться перерыв электроснабжения.

При правильном построении схем электроснабжения потребителей и рациональном использовании устройств автоматического включения резерва, о чем изложено в гл. 2 и 3, энергосистема может отобрать для режимных мероприятий линии потребителей, питающие наименее чувствительные к внезапным перерывам электроприемники, и тем свести к минимуму уүерб  $U_{\text{вн}}$  при аварийном возникновении дефицита мощности в энергосистеме.

При возникновении дефицита мощности на сравнительно длительный период времени энергосистема имеет возможность чередовать отключение потребителей с предварительным их предупреждением об отключении или же перейти на ограничение потребителей в мощности. Таким путем можно избежать длительных перерывов электроснабжения по отдельным потребителям и практически исключить вероятность возникновения расстройства технологических процессов производства на подвергшихся отключению предприятиях, т.е. свести к минимуму и эту составляющую уүерба.

### Заключение

В общем случае уүерб промышленного предприятия складывается из суммы уүербов от внезапности перерыва электроснабжения, от отключения электрической мощности и от недополучения необходимого объема электроэнергии. Перечисленные составляющие уүерба выражаются как:

- а) от самого факта внезапного перерыва электроснабжения;
- б) от недоиспользования производственных фондов;
- в) из-за оплаты рабочим за вынужденный простой и возрастания доли общезаводских и общецеховых расходов в себестоимости выпускаемой продукции;
- г) из-за расходов по оплате за заявленную (присоединенную) мощность.

### Список использованных источников:

1. Маркович И.М., Режимы энергетических систем. М.: Госэнергоиздат, 1963.
  2. Мамиконянц Л.Г., Исследование специальных режимов и разработка средств автоматики для повышения надежности работы энергосистем. Вопросы повышения надежности эксплуатации электрооборудования энергосистем. М.: Госэнергоиздат, 1961.
  3. Головкин П.И., Исследование режимов электроснабжения промышленных предприятий, «Электричество», 1969, № 4.
- Головкин П.И., Режимы электроснабжения потребителей при дефиците мощности в энергосистеме, «Энергетик», 1968, № 7.