

## РАСЧЁТ ВРЕМЕНИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК С УЧЁТОМ ИХ КОММУТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ

**Д. С. Кочемазов**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.И. Зализный**

*Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

На срок службы осветительных установок оказывают влияние многие факторы. К ним относятся токи высших гармоник, электромагнитные волны, тепловое воздействие, а также износ источников света и пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), в зависимости от их типов, параметров окружающей среды и питающей сети. Одним из важнейших факторов необходимо признать количество коммутаций в процессе эксплуатации установки.

Суть данной работы заключается в определении времени рационального использования одной осветительной установки, т.е. такого времени, при котором затраты на электроэнергию с момента включения будут равны приведенным затратам, обусловленным износом частей электроустановки из-за одного включения.

Рассмотрим упрощённый состав общих финансовых затрат на монтаж и эксплуатацию систем электрического освещения:

$$Z_{\text{сэо}} = Z_{\text{эле}} + Z_{\text{монтаж}} + Z_{\text{экспл}}, \quad (1)$$

где:  $Z_{\text{эле}}$  - финансовые затраты на приобретение элементов системы электрического освещения (СЭО), руб;  $Z_{\text{монтаж}}$  - финансовые затраты на монтаж всех предусмотренных элементов системы электрического освещения, руб;  $Z_{\text{экспл}}$  - финансовые затраты на эксплуатацию элементов системы электрического освещения, руб.

Показатель  $Z_{\text{эле}}$  характеризует величину капитальных вложений в проектируемую систему электрического освещения (не учитывает эксплуатационные расходы). Неизвестные, входящие в состав суммы  $Z_{\text{эле}}$ , зависят от выбранных источников света (светотехнических параметров), количества ламп и светильников, высоты их подвеса, токовой нагрузки и т.д.:

$$Z_{\text{эле}} = Z_{\text{светильник}} + Z_{\text{электропроводка}} + Z_{\text{ПРА}} + Z_{\text{ламп}} + Z_{\text{эле.упр}} + Z_{\text{апп.защ}} + Z_{\text{прочие}}, \quad (2)$$

где:  $Z_{\text{светильник}}$ ,  $Z_{\text{электропроводка}}$ ,  $Z_{\text{ПРА}}$ ,  $Z_{\text{ламп}}$ ,  $Z_{\text{элем.упр}}$ ,  $Z_{\text{апп.защ}}$  – финансовые затраты на приобретение элементов системы электрического освещения, руб;  $Z_{\text{прочие}}$  – прочие финансовые затраты, не вошедшие в общий список капиталовложений, руб.

Параметр  $Z_{\text{экспл}}$  будем определять по формуле:

$$Z_{\text{экспл}} = C_{\text{эл.эн}} \cdot T_{\text{факт}} + Z_{\text{аморт}}, \text{ руб}, \quad (3)$$

где:  $C_{\text{эл.эн}}$  – стоимость потребляемой устройством электроэнергии в единицу времени, руб/ч;

$T_{\text{факт}}$  – фактическое суммарное время работы устройства во включенном состоянии, ч;

$Z_{\text{аморт}}$  – затраты на амортизационные отчисления, руб.

Таким образом, очевидно, что затраты на эксплуатацию напрямую зависят от времени, в течение которого включено электрического освещение и, изменяя режим работы электросветильников, можно добиться изменения суммарных затрат на электроосвещение при проектировании либо непосредственно при эксплуатации.

Рассмотрим детально влияние длительности цикла работы различных электросветильников на эксплуатационные затраты.

В общем случае, финансовые затраты на 1 пуск электросветильника, с учётом амортизационных отчислений на износ источников света и ПРА составят:

$$Z_{\text{1пуск}} = (C_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}}^{-1}) + (C_{\text{ПРА}} \cdot I_{\text{ПРА}}^{-1} \cdot k_{\text{попр1}}) + (C_{\text{э.э}} \cdot k_{\text{попр2}} \cdot (W_{\text{пуск}} - W_{\text{ном.раб}})), \quad (4)$$

где:  $C_{\text{л}}$  – цена одной лампы, установленной в данном электросветильнике с учётом НДС, руб/шт;  $n_{\text{л}}$  – количество ламп, установленных и работающих в данном светильнике, шт;  $I_{\text{л}}$ ,  $I_{\text{ПРА}}$ , – количество циклов включения/отключения, вычисленных на основе среднестатистического срока службы (источника света или ПРА), шт;  $k_{\text{попр1}}$  – коэффициент, учитывающий влияние неявных факторов (токов высших гармоник, токов наводки, вероятности отказа элементов и т.д.);  $k_{\text{попр2}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты электроэнергии сверх теоретического, в зависимости от типов источников света и ПРА;  $C_{\text{э.э}}$  – текущая стоимость 1кВт·ч электроэнергии, приведенная к текущему курсу доллара США, руб/1кВт·ч;  $W_{\text{пуск}}$ ,  $W_{\text{ном.раб}}$  – затраты электроэнергии при включении электросветильника и затраты электроэнергии при отсутствии переходных процессов за тот же промежуток времени (работа лампы после полного розжига и достижения установившегося значения токов и температуры), кВт·ч.

Тогда финансовые затраты за потреблённую электроэнергию в течение некоторого промежутка времени будут равны:

$$Z_{э.э} = t_{\text{раб}} \cdot \left( C_{э.э} \cdot \sum P_{\text{л}} \cdot k_{\text{ПРА}} \right), \quad (5)$$

где:  $t_{\text{раб}}$  – время работы электросветильника (включенное состояние всех ламп) за рассматриваемый промежуток времени, ч;  $P_{\text{л}}$  – активная расчётная мощность одной лампы, принимаемая равной паспортной мощности, кВт;  $k_{\text{ПРА}}$  – коэффициент, учитывающий увеличение потребляемой мощности, обусловленное потреблением электроэнергии самой ПРА (варьируется в зависимости от типа, модели и производителя ПРА).

Для обеспечения минимальных финансовых эксплуатационных расходов денежные затраты на одно включение лампы должны быть меньше или равны плате за электроэнергию за определённое (оптимальное) время включения:

$$Z_{\text{пуск}} \leq Z_{э.э}. \quad (6)$$

Подставляя выражения (4) и (5) в неравенство (6), получим:

$$\left( \Pi_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}}^{-1} \right) + \left( \Pi_{\text{ПРА}} \cdot I_{\text{ПРА}}^{-1} \cdot k_{\text{попр1}} \right) + \left( C_{э.э} \cdot k_{\text{попр2}} \cdot (W_{\text{пуск}} - W_{\text{ном.раб}}) \right) \leq t_{\text{раб}} \cdot \left( C_{э.э} \cdot \sum P_{\text{л}} \cdot k_{\text{ПРА}} \right). \quad (7)$$

Откуда оптимальное время включения лампы по критерию экономической эффективности  $t_{\text{кч}}$ , обеспечивающее минимальные затраты, обусловленные износом элементов светильника, при минимальной плате за электроэнергию, будет равно:

$$t_{\text{кч}} = \frac{\left( \Pi_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}}^{-1} \right) + \left( \Pi_{\text{ПРА}} \cdot I_{\text{ПРА}}^{-1} \cdot k_{\text{попр1}} \right) + \left( C_{э.э} \cdot k_{\text{попр2}} \cdot (W_{\text{пуск}} - W_{\text{ном.раб}}) \right)}{C_{э.э} \cdot \sum P_{\text{л}} \cdot k_{\text{ПРА}}}. \quad (8)$$

Рассчитанное таким образом время  $t_{\text{кч}}$  позволяет регулировать режим работы электросветильников: при  $t_{\text{раб}} > t_{\text{кч}}$  возрастают финансовые затраты на электроэнергию, а при  $t_{\text{раб}} < t_{\text{кч}}$  увеличиваются финансовые затраты на замену ламп и ПРА. Следовательно, данная методика позволяет уменьшить общие финансовые затраты  $Z_{э.э}$  на систему электрического освещения в целом.

Для достижения значения  $t_{\text{кч}}$  возможно, как применение только организационных мероприятий (работа СЭО по разработанному графику, где время включения освещения в

помещении максимально близко к  $t_{кч}$ ), так и организационно-технических (включающих также установку систем автоматического включения/отключения светильников, датчиков движения и т.д.).

На основе результатов расчёта по предлагаемой методике в части цеха производства пластмассовых изделий №1 ЗАО «Легпромразвитие» г. Бобруйска было внедрено в производство рационализаторское предложение по оптимизации эксплуатации электрических светильников на основе времени оптимального включения  $t_{кч}$ , что позволило существенно увеличить срок службы источников света. Затраты на замену ламп уменьшились в 3 раза, соответственно, снизились расходы на утилизацию ламп, снизилось время простоя, вызванное временным отсутствием освещения в рабочей зоне и уменьшилось количество человеко-часов на обслуживание СЭО.

На данный момент планируется внедрение данной методики на территории нескольких цехов ОАО «Белшина», ОАО «Бобруйскагромаш» и РУП «БЗТДиА».