

УДК.621.019.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ ГРЭС

ФАРХАДЗАДЕ Э.М., МУРАДАЛИЕВ А.З., РАФИЕВА Т.К.

Азербайджанский научно-исследовательский институт энергетики и энергетического проектирования

Аннотация. Рассмотрены вопросы количественной оценки показателей индивидуальной надежности и эффективности ЭБ ГРЭС по статистическим данным с учетом особенностей функционирования ЭБ.

Одной из важнейших задач, стоящих перед руководством ГРЭС, является снижение себестоимости выработки электроэнергии. Решение этой задачи непосредственно связано со снижением эксплуатационных расходов, которое, как известно, может быть, прежде всего, достигнуто повышением надежности и эффективности энергоблоков (ЭБ), путем своевременной замены оборудования, модернизации и реконструкции. Все это, конечно, требует больших капитальных вложений.

В этой связи значительный интерес представляет беззатратные технологии снижения эксплуатационных затрат. Основным направлением при этом является более полный учет индивидуальной надежности и эффективности работы ЭБ при:

- распределении нагрузки между ЭБ ГРЭС;
- выборе отключаемых в резерв ЭБ;
- планировании сроков и объема капитальных и средних ремонтов, исходя из технического состояния ЭБ, их подготовки и проведения. В частности, при повышении эффективности агрегатно-узлового метода ремонта;
- определении последовательности отключения ЭБ при авариях в энергосистеме;
- планировании основных производственных показателей.

Показатели индивидуальной надежности и эффективности работы должны быть ориентированы на доступность необходимых статистических данных и зависит от особенностей функционирования объекта. ЭБ ГРЭС представляет собой последовательно соединенные паровую котельную и паротурбинную установки, турбогенератор, блочный трансформатор и выключатель, которые совместно и обуславливают особенности его работы.

1. Особенности функционирования ЭБ:

ЭБ может находиться в рабочем и нерабочем состояниях. В рабочем состоянии ЭБ выполняет заданную функцию (выработка электроэнергии) в полном или частичном объеме.

Различают следующие разновидности нерабочих состояний:

- аварийное состояние, при котором ведутся работы по восстановлению работоспособности, нарушенной в результате повреждения его оборудования или устройств;
- состояние аварийного простоя, вызванного повреждением других объектов в энергосистеме или на распределительном устройстве 110 кВ и выше ГРЭС (восстановительные работы на ЭБ не проводятся);
- состояние холодного резерва, при котором ЭБ выполняет функцию резервирования других ЭБ. В этом состоянии возможно восстановление отдельных, выявленных в

процессе эксплуатации, дефектов оборудования и устройств, не ограничивающее необходимость своевременного включения ЭБ в работу;

- состояние планового ремонта, в течении которого ведутся работы по выявлению и устранению неисправностей, которые могут привести к аварийному состоянию во время работы.

Переход ЭБ из рабочего состояния в нерабочее осуществляется в результате его отключения. Отключения ЭБ могут быть автоматические или вручную. Автоматические отключения происходят при повреждении ЭБ в результате действия релейной защиты или противоаварийной автоматики. ЭБ отключается вручную аварийно, по аварийной или плановой заявке.

С точки зрения последствий при аварийных отключениях следует различать внезапные отключения. К этим отключениям относятся автоматические отключения и отключения вручную при повреждениях ЭБ, а предотвращение возможных последствий отключения ЭБ достигается путем использования горячего резерва. Последствия отключения ЭБ по аварийной заявке предотвращаются за счет ввода холодного резерва.

Перевод ЭБ из нерабочего состояния в рабочее осуществляется пуском ЭБ. При пусках из аварийного или резервного состояний возможны новые повреждения, при которых ЭБ выводится в аварийный ремонт. Эти повреждения обуславливаются недостаточным контролем технического состояния ЭБ при аварийных ремонтах и последствиями нахождения в холодном резерве. Недостаточный контроль технического состояния ЭБ, выведенного в аварийный ремонт, проявляется и в виде повторных отказов за время менее одних суток.

В целях уменьшения числа пусков ЭБ в эксплуатации практикуется формальный перевод ЭБ из одного нерабочего состояния в другое. Например, из состояния резерва ЭБ переводится в состояние планового ремонта или из состояния аварийного ремонта ЭБ переводится в состояние резерва.

2. Показатели индивидуальной надежности и эффективности ЭБ.

Показатели надежности – это количественная характеристика отдельных свойств надежности объектов. Переход от усредненных показателей надежности и эффективности всех ЭБ к показателям индивидуальной надежности и эффективности ЭБ является неперенным условием достижений при беззатратном снижении эксплуатационных расходов.

2.1. Показатели надежности, характеризующие число отказов.

- удельное число отказов. Характеризует среднее число аварийных состояний ЭБ в единицу времени (год). Вычисляется по формуле

$$\lambda_{y\partial}^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{\Sigma,i}}{\left[\sum_{i=1}^m T_{\text{раб},i}^{\Sigma} + \sum_{i=1}^m \tau_{\text{ав},i}^{\Sigma} \right]} \quad (1)$$

где $n_{\Sigma,i}$ - число аварийных состояний ЭБ в i -ом году;

$\tau_{\text{ав},i}^{\Sigma}$ - суммарная длительность простоя в аварийном состоянии ЭБ в i -ом году;

$T_{\text{раб}}$ - суммарное время нахождения ЭБ в рабочем состоянии;

m – число лет наблюдения за работой ЭБ.

Общее число аварийных состояний $n_{\Sigma,i}$ состоит из:

- отключений, связанных с авариями в энергосистеме, при дефиците топлива и при коротких замыканиях в схеме распределения вырабатываемой ЭБ электроэнергии ГРЭС (РУ–110кв. и выше) - $n_{ав.нр}$. Повреждения самих ЭБ отсутствуют;

- автоматических отключений, связанных с недопустимыми по режиму повреждениями оборудования ЭБ. В отдельных случаях (отказ устройств релейной защиты, противоаварийной автоматики и др.) отключение ЭБ при этих повреждениях проводится вручную - $n_{ав}$.

- отключений по аварийной заявке, связанных с повреждениями оборудования,, допускающих кратковременную работу ЭБ - $n_{ав.з}$.

- повторных отключений, связанных с неустранимыми во время аварийного ремонта неявными дефектами, проявляющимися в течение суток после пуска ЭБ - $n_{новт}$.

- аварийных состояний при неуспешном пуске ЭБ из нерабочих состояний - $n_{пуск}$.

Таким образом

$$n_{\Sigma,i} = n_{ав.нр,i} + n_{ав,i} + n_{ав.з,i} + n_{новт,i} + n_{пуск,i} \quad (2)$$

Учет разностороннего характера аварийных состояний ЭБ может быть выполнен следующими показателями:

- среднее число аварийных отключений неповрежденного ЭБ. Позволяет оценить влияние внешних факторов (снабжение топливом, аварии в энергосистеме и др.):

$$h_c^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{ав.нр,i}}{\left[\sum_{i=1}^m T_{раб}^{\Sigma,i} + \sum_{i=1}^m \tau_{ав.нр,i}^{\Sigma} \right]} \quad (3)$$

$\tau_{ав.нр,i}^{\Sigma}$ - суммарная длительность аварийного простоя ЭБ в i -м году;

- среднее число отключений ЭБ, вызванных его недопустимыми по режиму повреждениями. Этот показатель принято называть параметром потока внезапных отказов и вычисляется по формуле:

$$h_o^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{ав.,i}}{\left[\sum_{i=1}^m T_{раб}^{\Sigma,i} + \sum_{i=1}^m \tau_{ав.,i}^{\Sigma} \right]} \quad (4)$$

где $\tau_{ав.,i}^{\Sigma}$ - суммарная длительность восстановления при недопустимых повреждениях i -м году;

- среднее число отключений ЭБ по аварийной заявке в единицу времени:

$$h_{ав.з}^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{ав.з,i}}{\left[\sum_{i=1}^m T_{раб}^{\Sigma,i} + \sum_{i=1}^m \tau_{ав.з,i}^{\Sigma} \right]} \quad (5)$$

где $\tau_{ав.з,i}^{\Sigma}$ - суммарная длительность восстановления ЭБ, отключенного по аварийной заявке в i -м году;

- вероятность повторного отказа ЭБ:

$$\theta_{повт}^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{повт.,i}}{\left[\sum_{i=1}^m (n_{ав.,i} + n_{ав.з.,i}) \right]} \quad (6)$$

- вероятность отказа при пуске ЭБ из аварийного состояния. Учитывая, что:

$$n_{пуск,i} = n_{пуск.ав.,i} + n_{пуск.рез.,i}$$

Эта вероятность может быть вычислена по формуле:

$$\theta_{пуск.ав.}^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{пуск.ав.,i}}{\left[\sum_{i=1}^m (n_{ав.,i} + n_{ав.з.,i}) \right]} \quad (7)$$

где $n_{пуск.ав.,i}$ и $n_{пуск.рез.,i}$ - число отказов при пуске ЭБ соответственно из аварийного состояния и из состояния резерва.

2.2. Показатели надежности, характеризующие длительность восстановления

- среднее время простоя при аварийном отключении ЭБ без повреждения:

$$\tau_{ав.пр.}^* = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{ав.пр.,i}^{\Sigma}}{\left[\sum_{i=1}^m n_{ав.пр.,i} \right]} \quad (8)$$

-средняя длительность восстановления при отказах, требующих немедленного отключения ЭБ:

$$\tau_{ав.}^* = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{ав.,i}^{\Sigma}}{\left[\sum_{i=1}^m n_{ав.,i} \right]} \quad (9)$$

- средняя длительность восстановления при отключениях ЭБ по аварийной заявке:

$$\tau_{ав.з.}^* = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{ав.з.,i}^{\Sigma}}{\left[\sum_{i=1}^m n_{ав.з.,i} \right]} \quad (10)$$

- средняя длительность восстановления при повторных отказах:

$$\tau_{повт.}^* = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{повт.,i}^{\Sigma}}{\left[\sum_{i=1}^m n_{повт.,i} \right]} \quad (11)$$

где $\tau_{повт.,i}^{\Sigma}$ - суммарная длительность восстановления при повторных отказах в i -ом году

- средняя длительность восстановления при неуспешном пуске из состояния аварийного ремонта

$$\tau_{пуск.ав.}^* = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{пуск.ав.,i}^{\Sigma}}{\left[\sum_{i=1}^m n_{пуск.ав.,i} \right]} \quad (12)$$

- относительная длительность нахождения в i - м году в аварийном состоянии

$$\delta T_{ав,i} = \frac{100 \cdot T_{ав,i}}{8760} \quad (13)$$

где

$$T_{ав,i} = \tau_{ав.пр,i}^{\Sigma} + \tau_{ав.,i}^{\Sigma} + \tau_{ав.э,i}^{\Sigma} + \tau_{повт,i}^{\Sigma} + \tau_{пуск,i}^{\Sigma}$$

2.3. Показатели, характеризующие нахождение ЭБ в состоянии резерва

Число и длительность отключения ЭБ ГРЭС в резерв зависит от годового графика нагрузки энергосистемы, и в этом плане эти показатели могут рассматриваться как детерминированные величины. Однако, какой из ЭБ на ГРЭС будет отключен в резерв, во многом зависит от текущей надежности и эффективности работы ЭБ. Наряду с отключением ЭБ в резерв с целью снижения числа отключений и пусков на практике при возможности проводится перевод ЭБ в резерв из одного из нерабочих состояний. Поэтому число и длительность отключения в резерв конкретного ЭБ могут рассматриваться как случайные величины. Нахождение ЭБ в состоянии резерва характеризуется следующими показателями:

- удельное число случаев перевода в состояние резерва:

$$\lambda_{рез}^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{рез,i}}{\left[\sum_{i=1}^m T_{паб,i} + \sum_{i=1}^m \tau_{рез,i}^{\Sigma} \right]} \quad (14)$$

где $n_{рез,i}$ - число состояний резерва в i - м году,

$\tau_{рез,i}^{\Sigma}$ - суммарная длительность простоя в резерве в i - м году;

- средняя длительность простоя в резерве:

$$\tau_{рез}^* = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{рез,i}^{\Sigma}}{\sum_{i=1}^m n_{рез,i}} \quad (15)$$

- вероятность перевода ЭБ в резерв из нерабочего состояния

$$Q_{пер.рез}^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{пер.рез,i}}{\sum_{i=1}^m n_{рез,i}} \quad (16)$$

где $n_{пер.рез,i}$ - число случаев перевода ЭБ в состояние резерва в i - м году

- вероятность отказа при пуске из состояния резерва:

$$Q_{рез.пер.}^* = \frac{\sum_{i=1}^m n_{рез.пуск.,i}}{\sum_{i=1}^m (n_{рез,i} - n_{рез.пуск.,i})} \quad (17)$$

относительная длительность нахождения в состоянии резерва в i - м году:

$$\delta T_{рез,i}^* = \frac{100 \cdot \tau_{рез,i}^{\Sigma}}{8760} \quad (18)$$

2.4. Показатели, характеризующие нахождение ЭБ в плановом ремонте

В отличие от показателей, характеризующих аварийные и резервные состояния ЭБ, показатели периодичности и длительности плановых ремонтов в большей своей части детерминированы в том смысле, что заранее известны номера ремонтируемых блоков и длительности ремонтов. Необходимость отключения ЭБ на плановый ремонт

(капитальный или средний), как и фактическая длительность планового ремонта, определяются интервалом времени после предшествовавшего планового ремонта и техническим состоянием энергоблока.

Наиболее распространенной схемой плановых ремонтов является чередование капитальных и средних ремонтов.

При этом:

- средняя длительность межремонтного периода $T_{mp,i}$:

$$T_{mp}^* = \frac{\sum_{i=1}^{m_{mp}} T_{mp}}{m_{mp}} \quad (19)$$

где m_{mp} - число межремонтных периодов;

- средняя длительность между капитальными ремонтами:

$$T_{kp}^* = \frac{\sum_{i=1}^{m_{kp}} T_{kp,i}}{m_{kp}} \quad (20)$$

где m_{kp} - число периодов между капитальными ремонтами;

- средняя продолжительность средних ремонтов:

$$\tau_{cp}^* = \frac{\sum_{i=1}^{n_{cp}} \tau_{cp,i}}{n_{cp}} \quad (21)$$

где n_{cp} - число средних ремонтов;

- средняя продолжительность капитальных ремонтов τ_{kp} равна:

$$\tau_{kp}^* = \frac{\sum_{i=1}^{n_{kp}} \tau_{kp,i}}{n_{kp}} \quad (22)$$

где n_{kp} - число капитальных ремонтов;

- относительная длительность нахождения ЭБ в плановом ремонте в i -м году будет равна:

$$\delta T_{np,i}^* = \frac{100 \cdot \tau_{np,i}}{8760} \% \quad (23)$$

2.5. Комплексные показатели надежности ЭБ

Эти показатели совместно характеризуют как число отказов, так и длительность аварийного ремонта. К ним относятся:

- коэффициент технического использования

$$K_{ТИ}^* = [100 - \delta T_{ав}^* - \delta T_{рез}^* - \delta T_{np}^*] \% \quad (24)$$

- коэффициент готовности

$$K_{\Sigma,Г}^* = \frac{K_{ТИ}^*}{K_{ТИ}^* + \delta T_{ав}^*} \quad (25)$$

Поскольку $K_{\Sigma,Г}^*$ примерно равен единице, то при сравнении надежности ряда ЭБ целесообразно сопоставить не $K_{\Sigma,Г}^*$, а величину:

$$K_{\Sigma,ав}^* = \frac{\delta T_{ав}^*}{K_{ТИ}^* + \delta T_{ав}^*} \quad (26)$$

которую условимся называть коэффициентом простоя в аварийном ремонте.

- коэффициент простоя в аварийном ремонте при внезапных отказах:

$$K_{ав}^* = \frac{\delta\tau_{ав}^*}{K_{ТН}^* + \delta\tau_{ав}^*} \quad (27)$$

2.6. Показатели эффективности ЭБ

В основе расчета показателей эффективности находятся: расход топлива (B), выработка электроэнергии ($W_{\text{Э}}$) и коэффициент технического использования $K_{Т.И.}$.

К основным показателям относятся:

- удельный расход топлива (b), вычисляемый по формуле

$$b = \frac{B}{W_{\text{Э}}} \quad (28)$$

- расход на собственные нужды, вычисляемый по формуле

$$\delta W_{CH} = \frac{100 \cdot (W_{\text{Э},B} - W_{\text{Э},O})}{W_{\text{Э},B}} \quad (29)$$

где $W_{\text{Э},B}$ и $W_{\text{Э},O}$ – соответственно, выработанная ЭБ и выданная в энергосистему электроэнергия;

- коэффициент использования мощности

$$K_{И.М.} = \frac{W_{\text{Э},B} \cdot 1,14 \cdot 10^{-3}}{P_{\Gamma} K_{Т.И.}} \% \quad (31)$$

- число часов использования установленной мощности

$$T_{И.М.} = K_{И.М.} \cdot P_{\Gamma} \quad (32)$$

Приведенные формулы расчета показателей индивидуальной надежности и эффективности работы ЭБ ГРЭС позволяют рассчитать эти показатели по статистическим данным эксплуатации.

DRES- in EB-nın İNDİVİDUAL VƏ EFFEKTİV İŞİNİN ETİBARLIĞI QÖSTƏRİCİLƏRİNİN KƏMİYYƏTLƏ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

FƏRHADZADƏ E.M., MURADƏLİYEV A.Z., RƏFİYEVƏ T.K.

DRES- in EB-nın individual və effektiv işinin etibarlığı qöstəricilərinin, EB-nın işləmə xüsusiyyətlərini nəzərə alan statistik verilənlər üzrə olan məsələlərə baxılıb.

QUANTITATIVE ESTIMATION PARAMETERS OF INDIVIDUAL RELIABILITY AND OVERALL PERFORMANCE OF THE POWER BLOCK

FARHADZADEH E.M., MURADALIYEV A.Z., RAFIYEVA T.K.

The problems of quantitative estimation parameters of individual reliability and efficiency of the power block on the statistical data are considered in view of features of power block functioning.