# КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ ОСНОВНЫХ СХЕМ ЭНЕРГОСИСТЕМ

СВЕТЛАНА БЕНЕДИКТ

Кафедра Автоматизации Будапештского политехнического университета

(Поступило в печать 10 января 1967 года)

Представлено проф. Ф. ЧАКИ

## 1. Постановка задачи

Как видно из литературы последних лет, вопросу применения кибернетических методов и цифровой техники для оптимизации решений, связанных с диспетчерским управлением энергосистем, придается все большее и большее значение [1, 2, 3].

Важность применения вычислительной техники в диспетчерском управлении энергосистемами связана с тем, что диспетчеру очень часто приходится чрезвычайно быстро (за доли секунд) принимать очень ответственные решения (например, осуществление мер, предотвращающих развитие аварий). За такой короткий промежуток времени диспетчер не в состоянии оценить все важнейшие последствия своих действий. В то же время успех его деятельности в сильной мере подвержен влиянию таких субъективных факторов, как состояние нервной системы, настроение и т. д.

Как известно, одной из важнейших функций центральной диспетчерской службы энергосистем является управление изменениями оперативной основной схемы системы. Оперативные схемы обычно в течение дня несколько раз меняются: одни линии выключаются, другие же включаются обратно. При изменении оперативной схемы, диспетчер должен прежде всего убедиться относительно того, способна ли видоизмененная схема обеспечить электропередачу. Кроме этого однако он должен исследовать следующий очень важный вопрос: в какой мере способна видоизмененная схема обеспечить энергоснабжение в случае аварий. Надежность электрических схем характеризуется, таким образом, возможностями обеспечения электроснабжения, во-первых, в нормальных условиях и, во-вторых, в случае аварий.

Повышение надежности электроснабжения может быть достигнуто, прежде всего, повышением надежности работы энергетического оборудования и сетевых элементов. При данной надежности работы вышеуказанного оборудования надежность электроснабжения зависит от конфигурации схемы, ввиду того, что последствия выпадения одного и того же устройства при различных схемах не одинаковы.

При руководстве оперативными переключениями сетевых элементов в системе для выбора наилучшей, в данных условиях, оперативной схемы, диспетчеру необходимо уметь быстро оценивать влияние этих переключений на надежность основной схемы энергосистемы. В настоящее время диспетчер при оценке надежности оперативных схем руководствуется, в основном, своим личным опытом, а также умозаключениями общего характера. Такая оценка не может считаться достаточно объективной и точной.

В этом вопросе большую помощь могло бы оказать применение электронных цифровых машин. Необходимым условием применения цифровых машин для этой цели является разработка критерия для количественной оценки надежности оперативных основных схем. (В литературе с таким критерием не встретились.)

Целью данной статьи является разработка вышеупомянутого критерия.

При разработке критерия необходимо принять во внимание следующие обстоятельства:

а) Критерий должен учитывать влияние оперативных переключений в основной сети на надежность электроснабжения.

б) Период службы отдельных конкретных оперативных схем относительно мал (обычно порядка нескольких часов).

в) В принципе за период службы отдельных оперативных схем может произойти бесчисленное множество различных вариантов аварийного выпадения агрегатов, однако, вероятность того, что за это время произойдет больше одной аварии, довольно мала.

г) Возникновение аварии сопровождается, в общем случае, также изменением оперативной схемы. С одной стороны, под действием аварии часть сетевых элементов может быть выведена из строя, с другой стороны, некоторые, находившиеся до момента аварии в нерабочем состоянии сетевые элементы могут быть, в случае надобности, по распоряжению диспетчера, возвращены в рабочее состояние.

Вышеперечисленные обстоятельства, на мой взгляд, оправдывают следующий подход к вопросу надежности оперативных основных схем.

Оценка надежности оперативных основных схем энергосистем должна базироваться на оценке последствий первых по времени (за период службы исследуемых схем) аварий, которые могут возникнуть в исследуемых оперативных схемах.

В соответствии с этим, период исследования надежности оперативных схем должен быть промежутком времени от момента вступления исследуемой схемы в эксплуатацию до момента наступления первой аварии включительно (в этом случае, если за время службы исследуемой схемы не произойдет никакой аварии, вышеупомянутый период исследования совпадает с периодом службы схем).

После каждой аварии вопрос надежности должен быть пересмотрен заново.

Последствия аварий целесообразнее всего оценивать по вызванному ими недопуску энергии, ввиду того, что эта величина хорошо отражает ущерб, принесенный авариями народному хозяйству.

При заданных суточных графиках активной и реактивной мощностей узлов системы и предполагая, что в случае отсутствия аварий система может полностью обеспечить все потребности энергии, недопуск энергии, вызванный первичной аварией, зависит от следующих обстоятельств:

а) от оперативной схемы,

б) от места и момента времени аварии,

в) от способа ликвидации аварии.

Выбор оперативной схемы зависит от диспетчера. Третье обстоятельство также определяется деятельностью диспетчера (при предположении, что служебный персонал электростанций безошибочно выполняет все указания диспетчера).

В то же время второе обстоятельство является результатом случайных явлений природы.

Деятельность диспетчера направлена на минимизацию возможного недопуска энергии. Вызванные случайными явлениями природы повреждения агрегатов, в свою очередь, увеличивают вышеупомянутую величину, т. е. препятствуют осуществлению стремлений диспетчера.

Таким образом, величина недопуска энергии, вызванного первой по времени аварией, может рассматриваться как результат конфликтной ситуации, участниками которой являются диспетчер и природа. Соответственно этому, выбор надежной оперативной основной схемы может рассматриваться как составная часть решения указанного конфликта. На основании вышеизложенного возникла мысль рассмотреть вопрос надежности оперативных основных схем с точки зрения теории игр.

## 2. Исследование вопроса надежности оперативных основных схем с точки зрения теории игр.

Вышеупомянутой конфликтной ситуации соответствует следующая игра.

В игре принимают участие 2 игрока: диспетчер и «природа». Проигрышем диспетчера (т. е. выигрышем «природы») является недопуск энергии, вызванный первой по времени аварии за период службы исследуемой оперативной схемы.

Игра состоит из трех ходов.

### *Первый ход*

Диспетчер из $m$ возможных вариантов оперативной схемы выбирает один вариант. Совершая этот шаг, диспетчер еще ничего не знает относительно того, что произойдет при последующих шагах. Пронумеруем возможные варианты оперативных схем. Обозначим номер выбранной диспетчером оперативной схемы через $i$.

### *Второй ход*

Этот ход совершает природа. От этого шага зависит, произойдет ли вообще за период службы исследуемой оперативной схемы какая-либо авария и если да, то где и когда произойдет первая по времени авария. Пронумеруем агрегаты системы. Обозначим номер агрегата, которого коснулась авария, через $j$, а момент аварийного выпадения этого агрегата через $t$. Во время второго шага, таким образом, происходит выбор опеределенной комбинации $j$ и $t$.

### *Третий ход*

Диспетчер, зная результаты предыдущих ходов (параметры $i$, $j$ и $t$), должен выбрать из всех возможных алгоритмов ликвидации происшедшей аварии один определенный аглоритм и на основании этого действовать (если за исследуемый период никакой аварии не произошло, то диспетчеру, естественно, в этом смысле ничего предпринимать не нужно). Обозначим множество возможных алгоритмов ликвидации последствий аварии, вызванной выпадением в момент времени $t$ $j$-ого агрегата при $i$-ой оперативной схеме через $R_{ijt}$.

Таким образом, во время третьего шага диспетчеру необходимо из множества алгоритмов $R_{ijt}$ выбрать один определенный алгоритм. Обозначим выбранный диспетчером алгоритм через $r_{ijt}$.

Таким образом, борьба диспетчера против аварий может рассматриваться как трехходовая игра с природой.

Приведем эту игру к нормальной форме.

Обозначим стратегию природы через $x$, а стратегию диспетчера через $y$. Стратегия природы должна указать номер аварийно выпавшего агрегата и момент аварии. Итак, стратегия природы может быть представлена как система

$$x = \| j, t \|. \tag{2.1}$$

Стратегия диспетчера, в свою очередь, должна указывать ему, что он должен сделать на первом и на третьем ходу.

Относительно первого хода, стратегия должна содержать номер оперативной схемы ($i$), который диспетчер должен выбрать.

Задачи диспетчера на третьем ходу зависят от выборов предыдущих ходов ($i, j$ и $t$). Однако, в момент выработки стратегии диспетчер знает только выбор первого хода ($i$), относительно выбора на втором ходу ($j$, $t$) у диспетчера никакой информации нет. Поэтому, стратегия диспетчера должна указывать, какой алгоритм он должен выбрать для каждого возможного выбора величин $j$ и $t$.

Иными словами, в момент выбора стратегии, диспетчер должен из множества алгоритмов $R_{i1t_1}$ выбрать один определенный алгоритм $r_{i1t_1}$, из множества алгоритмов $R_{i1t_2}$ один определенный алгоритм $r_{i1t_2}$ .... из множества алгоритмов $R_{i2t_1}$ алгоритм $r_{i2t_1}$ и т. д.

Таким образом, информация, содержащаяся в стратегии диспетчера относительно третьего хода игры характеризуется следующим рядом алгоритмов: $r_{i1t_1}, r_{i1t_2} \ldots r_{i2t_1}, r_{i2ti} \ldots r_{ijt} \ldots$

Обозначим этот ряд через «$s$». На основании вышеуказанного стратегия диспетчера может быть представлена как система

$$y = \| i, s \|. \tag{2.2}$$

Выбор участниками игры стратегий $x$ и $y$ определяет цену игры, в данном случае величину недопуска энергии, вызванного первой по времени аварией, за период службы оперативной схемы.

Обозначим эту величину через $a(x, y)$.

Исходя из полученной выше нормальной формы игры, рассмотрим вопрос относительно выбора оптимальной стратегии диспетчера.

Поскольку комбинации возможных оперативных схем, среди которых диспетчер может выбирать, от случая к случаю обычно меняются, рассматриваемая нами игра относится к играм, которые играются один раз.

Из этого мы можем сделать следующие два вывода. Во-первых, поиск оптимальной стратегии диспетчера среди его возможных смешанных стратегий не имеет практического смысла, поэтому при выборе вышеуказанной стратегии мы должны ограничиться чистыми стратегиями диспетчера.

Во-вторых, мы не можем даже приблизительно оценить заранее возможные величины недопусков энергии при различных стратегиях диспетчера. В самом деле, в данном случае относительно случайных событий природы мы проводим только одно испытание. Поэтому, между вероятной величиной недопуска энергии, к которому может привести первая по времени авария (эту величину мы могли бы определить, исходя из значений вероятностей выпадения отдельных агрегатов и сетевых элементов) и действительной величиной недопуска энергии могут быть большие отклонения. Из этого однако следует, что если бы мы в качестве оптимальной стратегии выбрали бы такую стратегию, которой соответствовал бы минимум вероятного недопуска энергии, то такой выбор сопровождался бы большим риском. Выбор оптимальной стратегии, таким образом, должен основываться на более осторожном критерии.

Если принципом деятельности диспетчера является осторожность и стремление избежать риска, то, согласно теории игр, оптимальной стратегией диспетчера является такая стратегия «$y$», которая соответствует верхней цене игры (минимаксу):

$$\beta = \min_y \max_x a(x,y). \tag{2.3}$$

Принимая во внимание (2.1) и (2.3) $\beta$ можно выразить следующим образом:

$$\beta = \min_i \min_s \max_j \max_t a(i,j,t,s). \tag{2.4}$$

Вышеуказанное выражение дает возможность определить оптимальную оперативную схему. Действительно, согласно (2.4) оптимальной считается такая $i$-овая оперативная схема, при которой величина

$$\min_s \max_j \max_t a(i,j,t,s) \tag{2.5}$$

принимает минимальное значение. С точки зрения практического применения вышеуказанного критерия, является целесообразным написать выражение (2.4) в несколько иной форме.

Обозначим оптимальный алгоритм (т. е. ведущий к наименьшему недопуску энергии) ликвидации аварии, вызванной выпадением $j$-ого агрегата в момент времени $t$ при $i$-ой оперативной схеме через $r^0_{ijt}$, а ряд оптимальных алгоритмов ликвидаций аварий, могущих возникнуть при $i$-ой оперативной схеме, т. е. ряд:

$$r^0_{i1t_1}, r^0_{r1t_1} \ldots r^0_{i2t_1}, r^0_{i2t_2} \ldots r^0_{ijt}$$

через $s_0$.

Если стратегия диспетчера будет содержать ряд $s_0$, то этим он гарантирует, что ликвидация аварий будет происходить всегда оптимальным способом, т. е. при любых фиксированных $i$, $j$, $t$ (пусть $i = i$, $j = j_1$, $t = t_1$) будет справедливо следующее равенство:

$$a(i_1, j_1, t_1, s_0) = \min_s (i_1, j_1, t_1, s). \tag{2.6}$$

Принимая во внимание (2.6), можно доказать (см. приложение), что при любом фиксированном $i$ ($i = i_1$) справедливо следующее равенство:

$$\min_s \max_j \max_t a(i_1, j, t, s) = \max_j \max_t a(i_1, j, t, s_0). \tag{2.7}$$

На основании равенства (2.7), выражение (2.4) можно преобразовать следующим образом:

$$\beta = \min_i \max_j \max_t a(i, j, t, s_0). \tag{2.8}$$

Введем следующее обозначение:

$$\max_t a(i, j, t, s_0) = W_{ij}. \tag{2.9}$$

При этом обозначении (2.8) примет следующий вид:

$$\beta = \min_i \max_j W_{ij} \tag{2.10}$$

$$i = 1, 2 \ldots m \qquad j = 1, 2 \ldots n,$$

где $m$ — число возможных оперативных схем, среди которых диспетчер может выбрать, $n$ — число агрегатов в системе. Из (2.10) видно, что в смысле критерия минимакс из различных оперативных схем такая $i$-вая схема является оптимальной (с точки зрения надежности), при которой величина $\max_j W_{ij}$ принимает минимум. Величина $\max_j W_{ij}$ является верхней границей возможной величины недопуска энергии, вызываемого при применении $i$-ой оперативной схемы первой по времени аварией за период службы этой схемы при предположении, что ликвидация аварий происходит всегда оптимальным способом.

Обсудим теперь достоинства и недостатки полученного выше критерия.

Достоинством данного критерия является то, что его применение не сопровождается никаким риском, поскольку критерий исходит из самых слабых мест схемы. Недостатком же этого критерия является то, что он совершенно не принимает во внимание различия в вероятностях возникновения различных аварий.

В то же время при выборе оптимальной оперативной схемы это обстоятельство не должно быть упущено из внимания на основании следующих соображений.

Допустим, что при данной оперативной схеме наступление некоторой определенной аварии сопровождается большим недопуском энергии. Очевидно, чем меньше вероятность возникновения этой аварии, тем легче можно примириться с тем, что такая опасность существует. Создается такое положение, как будто опасность, исходящая из аварии уменьшается с уменьшением вероятности возникновения этой аварии. Если же вероятность возникновения некоторой аварии очень мала, то мы можем при оценке надежности схемы исключить эту аварию из рассмотрения.

На основании всего этого возникла мысль видоизменить рассматриваемый критерий следующим образом: в качестве оценки опасности, исходящей из аварии вместо величины $W_{ij}$ примем фиктивную величину $W'_{ij}$.

$$W'_{ij} = K_j W_{ij}, \tag{2.11}$$

где

$K_j = f(p_j)$ — коэффициент, являющийся функцией $p_j$.

$p_j$ — вероятность того, что первой по времени аварией за исследуемый период времени будет именно авария номера $j$. При вышеуказанной модификации оптимальной считается такая $i$-вая оперативная схема, прик оторой величина

$$\max_j (K_j W_{ij})$$

принимает минимум.

Рассмотрим сейчас вопрос относительно выбора наиболее подходящей для вышеуказанной цели функции

$$f(p_j).$$

## 3. Определение корректировочной функции $f(p_j)$

Функция $f(p_j)$ очевидно должна обязательно удовлетворять следующим условиям:

а) Поскольку опасность, исходящая из аварии возрастает с увеличением $p_j$, функция $f(p_j)$ должна быть монотонно возрастающей.

б)
$$f(1) = 1$$
$$f(0) = 0. \tag{3.1}$$

Это следует из того, что величина $W'_{ij}$ при $p_j = 0$ должна быть равна нулю, а при $p_j = 1$ — $W_{ij}$.

в) Для определения желаемого поведения функции должен быть исследован также следующий вопрос.

Допустим, что между величинами недопуска энергии, вызываемыми авариями, номера «$k$» и номера «$l$» при $i$-ой оперативной схеме существует следующая зависимость:

$$\frac{W_{ik}}{W_{il}} = a \qquad a > 1.$$

На основании (2.11) опасность, исходящая из $k$-ой и $l$-ой аварий считается одинаковой, если

$$\frac{f(p_k)}{f(p_l)} = \frac{1}{a}.$$

Возникает вопрос, чему должно быть равно в этом случае отношение $\frac{p_k}{p_l}$.

Б первый момент напрашивается следующее решение:

$$\frac{p_k}{p_l} = \frac{f(p_k)}{f(p_l)} = \frac{1}{a}.$$

Этому требованию, а также первым двум упомянутым требованиям удовлетворяет функция $f(p_j)=p_j$. При принятии функции $f(p_j)=p_j$ та авария считается более опасной, которой соответствует бóльшее значение $p_j W_{ij}$.

Если бы $p_j$ принимало бы только относительно большие значения (например $0{,}5 < p_j < 1$), тогда бы такая оценка опасности, исходящей из аварий могла бы быть обоснована.

В самом деле, допустим, что $W_{ik} = 20$ мвт · ч; $W_{il} = 10$ мвт · ч; $p_k = 0{,}5$ и $p_l = 1$.

Поскольку произведения $p_k W_{ik}$ и $p_l W_{il}$ равны между собой, в случае принятия функции $f(p_j)=p_j$ опасности, исходящие из $k$-ой и $l$-ой аварий должны считаться одинаковыми. В данном случае, когда значения вероятностей довольно большие, такая оценка кажется довольно логичной.

Однако, если величины $p_j$ малы, то такая оценка аварий уже очень трудно может быть обоснована.

Предположим, что $W_{ik}$ и $W_{il}$ принимают такие же значения, как и в предыдущем случае, однако значения $p_k$ и $p_l$ очень малы, например $p_k = 0{,}001$; $p_l = 0{,}002$.

Произведения $p_k W_{ik}$ и $p_l W_{il}$, также как и в предыдущем случае, равны между собой. Однако, в этом случае опасность, исходящую из $k$-ой и $l$-ой аварий, никто не будет считать одинаковой. В самом деле, вероятности $p_k$ и $p_l$ сейчас лежат в такой области, где различие между величинами вероятностей имеет меньшее практическое значение, чем в области больших значений.

Так как значения $p_k$ и $p_l$ очень малы, то обстоятельство, что $p_k$ в два раза меньше, чем $p_l$, уже не может компенсировать тот факт, что $W_{ik}$ в два раза больше, чем $W_{il}$. Поэтому опасность, исходящая из $k$-ой аварии, должна считаться большей, чем опасность, исходящая из $l$-ой аварии.

Таким образом, функция $f(p_j)=p_j$ при малых значениях $p_j$ не удовлетворяет нашим требованиям.

Учитывая, что значения вероятностей аварийного выпадения отдельных агрегатов энергосистем за период времени порядка нескольких часов являются малыми величинами, на основании вышесказанного можно заключить, что функция $f(p_j)=p_j$ не может быть применена для оценки опасности аварий.

Нам нужно искать такую функцию, которая помимо первых двух упомянутых требований удовлетворяла бы также следующему требованию.

Отношение $\frac{f(p_2)}{f(p_1)}$ при $\frac{p_2}{p_1}=a=\mathrm{const}$ $(a>1)$ уменьшается с уменьшением $p_1$. Это значит, что увеличение значения $p_j$ с $p_1$ на $p_1\cdot a$ тем меньше влияет на оценку опасности, исходящей из соответствующей аварии, чем меньше величина $p_1$. В то же время, при значениях $p_j$, близких к единице должно удовлетворяться следующее равенство:

$$\frac{f(p_2)}{f(p_1)}\approx\frac{p_2}{p_1}=a. \tag{3.2}$$

Всем этим поставленным нами требованиям удовлетворяет следующая функция:

$$f(p_j)=\frac{1}{1-\ln p_j}. \tag{3.3}$$

а) $f(p_j)$ в интервале $0<p_i<1$ монотонно возрастает, т. к. в этом интервале $f'(p_j)>0$.

б) Вышеуказанная функция удовлетворяет равенствам (3.1).

в) Функция $\varphi(p_1)=\frac{f(ap_1)}{f(p_1)}$ в интервале $0<p_1<1$ является монотонно возрастающей.

В самом деле, как легко доказать, в этом интервале повсюду удовлетворяется неравенство $\varphi'(p_1)>0$.

При значениях $p_1$ и $p_2$ $(p_2=ap_1)$, близких к единице, удовлетворяется приближенное равенство (3.2).

Это вытекает из того, что, как можно доказать, уравнение касательной, проведенной к функции $f(p_j)$ в точке $p_j=1$ равно

$$f_k(p_j)=p_j.$$

Пусть например:

$$p_1=0{,}8;\qquad p_2=1,\qquad a=\frac{p_2}{p_1}=1{,}25.$$

В то же время

$$\frac{f(p_2)}{f(p_1)}=\frac{1-\ln 0{,}8}{1-\ln 1}=1{,}23.$$

Таким образом

$$\frac{f(p_2)}{f(p_1)}=1{,}23\approx a=1{,}25.$$

При принятии функции (3.3) в качестве корректировочного коэффициента критерий надежности оперативных схем может быть сформулирован следующим образом:

Мерой надежности оперативных схем является нижеследующая величина $H_i$:

$$H_i = \max_j \left( W_{ij} \frac{1}{1 - \ln p_j} \right), \tag{3.4}$$

причем надежность схемы тем больше, чем меньше значение $H_i$. Эксплуатация $i$-ой оперативной схемы может быть разрешена только в том случае, если

$$H_i \leq H_{\text{доп}} \tag{3.5}$$

где $H_{\text{доп}}$ — наименьшая допустимая надежность.

Если же у диспетчера есть возможность выбирать между несколькими оперативными схемами, то он должен выбрать такую $i$-ую схему, при которой величина $H_i$ принимает минимум.

Необходимым условием того, чтобы на основании вышеизложенного критерия можно было бы с помощью электронных цифровых вычислительных машин оценивать надежность оперативных основных схем, является разработка алгоритмов для вычисления недопусков энергии, вызываемых всевозможными видами аварий при условии оптимального метода ликвидации этих аварий.

Можно надеяться, что эти алгоритмы уже в ближайшем будущем будут разработаны, тем более, что скорое разрешение этой проблемы помимо вышеуказанного обстоятельства необходимо также для осуществления такой важной задачи, как применение вычислительных машин при управлении ликвидацией аварии в энергосистемах.

## Приложение

*Доказательство равенства (2.7)*

Для любых фиксированных $i, j, t, s$

$$(i = i_1, \quad j = j_1, \quad t = t_1, \quad s = s_1)$$

по определению минимума

$$a(i_1, j_1, t_1, s_1) \geq \min_s a(i_1, j_1, t_1, s) \tag{П.1}$$

и по определению максимума

$$a(i_1, j_1, t_1, s_1) \leq \max_j \max_t a(i_1, j, t, s_1). \qquad (\text{П.2})$$

Из (П. 1) и (П. 2) следует, что при любом фиксированном $i$

$$\max_j \max_t a(i_1, j, t, s_1) \geq \min_s a(i_1, j_1, t_1, s). \qquad (\text{П.3})$$

Поскольку левая часть неравенства (П. 3) не зависит от $j$ и $t$, мы заключаем, что для любых фиксированных $i$ и $s$ справедливо следующее неравенство:

$$\max_j \max_t a(i_1, j, t, s_1) \geq \max_j \max_t \min_s a(i_1, j, t, s). \qquad (\text{П.4})$$

Из (2.6) следует, что для любого фиксированного $i$

$$\max_j \max_t a(i_1, j, t, s_0) = \max_j \max_t \min_s a(i_1, j, t, s). \qquad (\text{П.5})$$

Принимая во внимание (П. 5), неравенство (П. 4) может быть преобразовано следующим образом:

$$\max_j \max_t a(i_1, j, t, s_1) \geq \max_j \max_t a(i_1, j, t, s_0). \qquad (\text{П.6})$$

Из (П. 6) следует, что для любого фиксированного $i$

$$\min_s \max_j \max_t a(i_1, j, t, s) = \max_j \max_t a(i_1, j, t, s_0),$$

что и необходимо было доказать.

## Резюме

Необходимым условием применения электронных цифровых вычислительных машин для оперативного управления энергосистемами является наличие критерия для количественной оценки надежности оперативных основных схем энергосистем. Статья занимается поисками одного из возможных таких критериев. Надежность вышеупомянутых схем предлагается оценивать на основании возможных недопусков энергии, вызываемых первыми (по времени за период службы исследуемых схем) авариями. При таком подходе к вопросу надежности выбор надежной оперативной схемы может рассматриваться как первый шаг трехходовой игры, участниками которой являются диспетчер и «природа». Ценой игры является величина недопуска энергии, вызываемого первой по времени аварией за период службы исследуемой схемы. На основании принципа минимакса выводится критерий для определения оптимальной (в смысле надежности) оперативной схемы. Обсуждаются достоинства и недостатки полученного вышеуказанным путем критерия.

Для устранения недостатков этого критерия предлагается в качестве элементов матрицы игры вместо величин недопусков энергии взять фиктивные величины, равные произведению величин недопусков энергии и коэффициентов, находящихся в определенной функциональной зависимости от вероятностей соответствующих аварий.

## Литература

1. Веников, В. А., Маркович, И. М., Совалов, С. А., Тафт, В. А., Цукерник, Л. В.: Современное состояние применения вычислительной техники при эксплуатации и проектировании энергосистем. «Электричество» 1960. № 11 и 12.
2. Синьков, В. М.: Некоторые перспективы применения вычислительных устройств в энергосистемах. «Электричество» 1960. № 10.
3. Веников, В. А., Цукерник, Л. В.: Разработка методов кибернетического управления объединенными энергосистемами. Доклад на Втором Международном Конгрессе ИФАК 1963.
4. Mc Kinsey, I. C. C.: Introduction to the theory of games. New York 1952.
5. Duncan Luce, R.: and Raiffa, H.: Games and decisions. 1957.
6. Benedikt Szvetlána: A főhálózati napi kapcsolási vázlatok értékelésének kritériuma az üzembiztosság szempontjából. III. Automatizálási Kollokvium 1966 I. kötet.

Dr. Szvetlána Benedikt Budapest XI. Egry József u. 18.