

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ТРЕНИРОВКИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА

Сулейманов В. Н.¹, Комар В. А.², Надеран Реза³

¹Национальный технический университет Украины "КПИ",

²Винницкий национальный технический университет,

³Иран, г. Горган, фирма "Таван"

Предложено математическую модель интегрального показателя качества тренировки диспетчерского персонала, который позволяет комплексно оценивать действия диспетчера с учетом надежности электрооборудования, качества электроэнергии и экономичности режимов электрических сетей.

Постановка проблемы. Усложнение режимов современных электроэнергетических систем (ЭЭС), децентрализация энергоснабжения, увеличение доли распределенного производства электроэнергии с возобновляемыми источниками энергии, приводят к усложнению планирования режимов ЭЭС и оперативного управления ними [1]. Переход к новой модели энергорынка влечет увеличение роли диспетчера в процессе оптимального управления режимами электрических сетей [2]. Поэтому от квалифицированности диспетчерского персонала зависит экономическая эффективность работы сетей. Таким образом, ведение режима диспетчерским персоналом требует не только высокого уровня квалификации и профессиональной подготовки, но и натренированности действий в условиях, близких к реальным, что позволит уменьшить влияние "человеческого фактора" на надежность и качество электроснабжения.

Вопросы повышения эффективности подготовки и тренировки диспетчерского персонала электрических сетей целесообразно решать с использованием специальных тренажеров [3]. Тренажеры ведения нормального режима электрических сетей с поддержанием установленных значений параметров режима в большей степени должны быть ориентированы на управление режимом электрических сетей: ведение экономического режима, регулирование частоты и активной мощности, ввод параметров утяжеленного режима в допустимую область, предотвращение срабатывания систем противоаварийной автоматики (ПА) и нарушения устойчивости, восстановление параллельной работы разделившихся после аварии частей электрических сетей и т.п. Поскольку ведение режима требует от диспетчера контроля значительного числа параметров и не всегда действия на поддержание одних параметров режима являются достаточно эффективными для других, то оценка качества тренировки должна проводиться по интегральному показателю.

Анализ существующего способа оценки качества тренировки. Современный тренажер представляет собой автоматизированное рабочее место инструктора (АРМИ) (контролирующего) и диспетчера (контролируемого). С этого места инструктор задает события, контролирует темп тренировки, управляет ходом тренировки и имеет возможность воспроизводить определенные моменты тренировки для их анализа и обсуждения (рис. 1).



Рисунок 1 – Составляющие блоки автоматизированного рабочего места инструктора

В АРМИ важным и достаточно сложно реализуемым является блок оценивания действий диспетчера. Полностью формализованная количественная оценка результатов тренировки (особенно противоаварийной) практически невозможна вследствие ее многофакторности и вероятности ввода инструктором различных возмущений [3]. Поэтому оценка каждого отдельного сеанса тренировки обычно носит экспертный характер, учитывающий ряд количественных факторов, формируемых блоком оценки (например, общее время ликвидации аварии, объем отключенной нагрузки, глубина и продолжительность снижения частоты, не предусмотренное сценарием деление электрических сетей на несинхронно работающие части и т.п.). Сравнение этих факторов, оцененных в результате конкретного сеанса, и "идеальной" траектории (подготовленной инструктором в процессе разработки сценария), позволяет сделать экспертную оценку. Такая оценка не исключает субъективного отношения инструктора.

Поэтому блок оценки действий диспетчера должен позволять не только формировать электронную карту действий и позволять выполнять промежуточное оценивание, но и формировать интегральный показатель качества тренировки. Промежуточное (экспертное) оценивание тренировки позволяет дать характеристику действий диспетчера исходя из нормативной документации и срабатывания противоаварийной автоматики. Интегральный показатель должен учитывать не только ход тренировки, но и учитывать пока-

затели эффективности функционирования системы (надежность, качество электрической энергии и т. д.). Используемые в современных тренажерах интегральные показатели (отклонение режимных параметров, допущенных срабатываний ПА по вине оперативного персонала, допущенного нарушения электроснабжения потребителей и т. д.) могут быть проанализированы только группой экспертов иначе субъективности оценки не избежать.

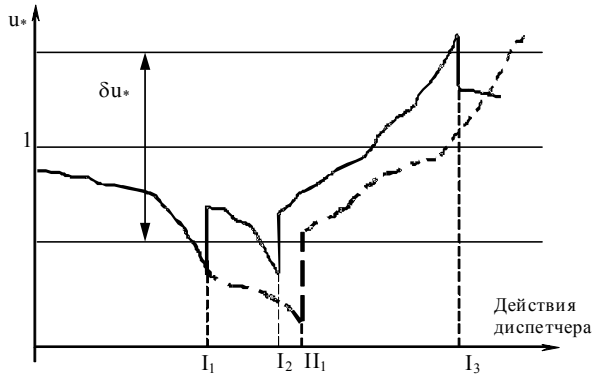


Рисунок 2 – Результаты действий двух диспетчеров по поддержанию режимного параметра

На рис. 2 показан пример результатов воздействий двух диспетчеров на поддержание режимного параметра u_* в области оптимальности δu_* . Как видно из рисунка один диспетчер выполнил три действия, а второй только одно. Оценка за показателем отклонения режимного параметра будет позитивная для первого диспетчера, а за допущенным нарушением электроснабжения потребителей для другого, поскольку интенсивное использование регулирующих устройств увеличивает вероятность их отказа и, как следствие, недоотпуск электроэнергии. В результате возникает неоднозначность в оценке квалификации диспетчеров.

Поэтому необходимо разработать такой интегральный показатель, который объединил бы основные показатели эффективности функционирования системы и исключал субъективность оценки.

Цель статьи. Целью статьи является разработка интегрального показателя качества тренировки, который на основе моделирования особенностей ведения режима позволял бы комплексно оценивать действия диспетчера с учетом надежности электроснабжения, качества электроэнергии и экономичности режимов электрических сетей.

Моделирование интегрального показателя качества тренировки. При обучении и проверке знаний диспетчерского персонала тренажеры обеспечивают освоение следующих функций:

- производство оперативных переключений на оборудовании электростанций и подстанций;
- анализ аварийных ситуаций, возникающих в основной сети ЭЭС, принятие решений по предотвращению развития аварий, восстановлению нормально-го режима;
- ведение нормального режима ЭЭС с поддержанием установленных значений параметров режима.

Критериями управления в нормальном режиме являются: минимизация отклонения регулируемых параметров от заданного графика; минимизация времени на подготовку режима для вывода в ремонт оборудования и предотвращение нарушения параметрами режима допустимых пределов срабатывания автоматических устройств (ПА, ограничителей АРЧМ и др.).

Поскольку диспетчер в процессе управления должен не только придерживаться режимных критериев управления, но и стремится к максимизации экономической эффективности функционирования системы, то целевая функция должна содержать экономические составляющие доходов и компенсаций в процессе передачи и распределения электрической энергии:

$$F = \sum_{j \in M} \left\{ \begin{array}{l} c_j \cdot (W_j^H - W_{j \text{нд}} - W_{j \text{нк}}) - \\ - \sum_{i \in N_0} c'_i \cdot W'_{ji} - f_j \cdot W_{j \text{нд}} - \\ - d_j \cdot W_{j \text{нк}} - g_j \cdot \Delta W_j \end{array} \right\} \Rightarrow \max, \quad (1)$$

где M – количество узлов;

N_0 – количество связей с другими системами;

W_j^H – электрическая энергия, которую должен получить узел j ;

W'_{ji} – электрическая энергия, которую получит узел j от другой системы по связи i ;

$W_{j \text{нд}}$ – недоотпущенная электроэнергия;

$W_{j \text{нк}}$ – некачественная электроэнергия;

ΔW_j – потери связанные с передачей электроэнергии к узлу j ;

c_j – удельная стоимость (тариф) переданной электроэнергии потребителям в узле j ;

c_i – стоимость электроэнергии полученной от системы i , ($c'_i = c_i - c_j$);

f_j – удельный ущерб или компенсация потерь от недоотпуска электроэнергии;

d_j – удельный ущерб или компенсация потерь от некачественной электроэнергии;

g_j – удельная стоимость потерь электроэнергии.

Если в (1) соответствующие мощности выразить через показателя качества функционирования электрической системы [4], то функция F будет иметь вид:

$$F = \sum_{j \in M} \left\{ \begin{array}{l} c_j \cdot W_j^H \cdot E_{*j} - W_j^H (1 - E_{*j}) \sum_{i \in N_0} c'_i k_i - \\ - f_j \cdot b_j \cdot W_j^H (1 - E'_{*j}) - \\ - d_j \cdot b_j \cdot W_j^H (E'_{*j} - E_{*j}) - \\ - g_j \cdot W_j^H \cdot (1 - b_j) \sum_{s=1}^N T_s \end{array} \right\},$$

где N – количество ветвей;

$$b_j = \left(1 - E_{*j}\right) \left(1 - \sum_{i \in N_0} k_i\right) - \text{коэффициент, зависящий}$$

от качества функционирования системы и возможностей межсистемных связей;

T_s – коэффициент распределения потерь мощности в ветке s схемы в зависимости от мощности в узле j , определяется по методу, изложенному в [5];

$$k_i = \sum_{v=1}^l \frac{W_v}{W'_{ji}} \cdot P[W_v] - \text{коэффициент, характеризи-}$$

рующий пропускную способность связи между системами;

$P[W_v]$ – вероятность нахождения связи в состоянии v , которое характеризуется пропускной способностью W_v ;

$$W_{jнн} = b_j W_j^H (1 - E'_{*j});$$

$$W_{jнк} = b_j W_j^H (E'_{*j} - E_{*j});$$

$$\Delta W_j = \sum_{s=1}^N T_s (W_j^H - W_{jнн}).$$

Приведем (1) к безразмерному виду для этого вынесем за скобки $c_m \cdot W_m^H$ и разделим на $\sum_{m=1}^M c_m \cdot W_m^H$.

$$F_* = \sum_{m=1}^M \pi_m \cdot \left\{ \begin{array}{l} E_{*m}(D) - \sum_{i \in N_0} c'_i k_i(D) - \\ - f_{m*} \cdot b_m(D) (1 - E'_{*m}(D)) - \\ - d_{m*} \cdot b_m(D) (E'_{*m}(D) - E_{*m}(D)) - \\ - g_{m*} \sum_{n=1}^N T_n(D) (1 - b_m(D)) \end{array} \right\}, \quad (2)$$

где $\pi_m = \frac{c_m \cdot W_m^H}{\sum_{m=1}^M c_m \cdot W_m^H}$ – весовые коэффициенты;

D – множество возможных действий диспетчера.

Полученный показатель характеризует эффективность функционирования системы, обусловленную действиями диспетчера, по отношению к эффективности функционирования идеальной системы.

Вывод. Использование показателя качества функционирования позволяет получить относительно не сложный способ оценки тренировки диспетчерского персонала. Интегральный показатель качества тренировки позволяет оценивать квалификацию диспетчера не по отношению к возможным действиям инструктора (эксперта), а по отношению к работе «идеальной» системы. Это позволяет избежать субъективности оценки и не требует наличия группы экспертов. Полученная математическая модель показателя

качества тренировки позволяет несколько изменить и роль инструктора в процессе постановки задачи. Перед тренировкой инструктор задает параметры, которые характеризуют надежность элементов системы и режим. Все параметры задаются в пределах, которые получены после анализа состояния реальной системы и наиболее вероятной нагрузки узлов потребления. Такой подход исключает субъективность на этапе постановки задачи.

Список использованных источников

1. Дьяков А. Ф. Проблемы надежности и безопасности энергоснабжения в условиях либерализации и дерегулирования в электроэнергетике / А. Ф. Дьяков // Энергетик. – 2005. – №8. – С. 2–8.
2. Правила оптового рынка электричної енергії України / затверджено Постановою НКРЕ від 12.09.2003 № 921
3. . Debs, A.; Hansen, C.; Yu-Chi Wu, "Effective electricity market simulators", Computer Applications in Power, IEEE., 2001. – vol. 14., Issue 1. pp. 29–34.
4. Комар В. О. Аналіз якості функціонування складних систем за допомогою критеріальних моделей / В. О. Комар, В. В. Тептя // Наукові праці ВНТУ. – 2007. – №1. Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2007-1/ukr/07kvoocm.pdf>
5. Лежнюк П. Д. Функціональна залежність складових втрат потужності у вітках електричної мережі від потужності у вузлах / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. Б. Бурикін // Вісник Вінницького політехн. ін-ту. – 2005. – № 4. – С. 58–62.

Анотація

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ТРЕНУВАНЬ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ПЕРСОНАЛУ

Сулейманов В. М., Комар В. О., Надеран Реза

Запропоновано математичну модель інтегрального показника якості тренувань диспетчерського персоналу, який дозволяє комплексно оцінити дії диспетчера з врахуванням надійності електропостачання, якості електроенергії і економічності режимів електричних систем.

Abstract

SIMULATION OF INTEGRATED QUALITY TRAINING DISPATCHING PERSONNEL

V. Suleymanov, V. Komar, Naderan Reza

It is offered mathematical model of an integrated merit index of the dispatching personnel training which allows to estimate in a complex actions of the dispatcher taking into account electrosupply reliability, power quality and electrical networks modes efficiency.