

МОСКОВСКИЙ орденА ЛЕНИНА и ордена ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ФУСАЕВ Владимир Валентинович

УДК 658.26:621.311.004.6(043)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОРЕМОНТА ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА
СТРУКТУРУ МНОЖЕСТВА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕОБОРУЖЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность 05.09.03 - электрооборудование

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1987

В.Ф.Фусайев
+8.11.87

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Курс на интенсификацию производства, повышение его качества и эффективности, утвержденный XXII съездом КПСС, характеризует высокие темпы автоматизации и механизации производственных процессов, углублением электрификации, увеличением количества установленного электротехнического оборудования. Это вызывает рост затрат на обеспечение функционирования (обслуживание и ремонт) электрического хозяйства промышленных предприятий. Расходы на обслуживание только парка асинхронных двигателей страны, величина которого достигает 100 млн. штук общей мощностью 420-450 ГВт., составляют в настоящее время около двух млрд. рублей в год.

Иньским (1987 г.) Пленумом ЦК КПСС поставлена задача создания современного хозяйственного механизма деятельности предприятий, обеспечивающего действенные внутренние стимулы для всемерной экономии и поиска неиспользуемых резервов повышения эффективности производства. В этих условиях актуален вопрос разгрузки качественно новых методов повышения производительности труда электротехнического персонала промышленных предприятий.

Все существующие исследования по оптимизации электроремонтного производства проводились на уровне отдельных элементов, типологических подразделений, основных единиц ремонта, средних величин и т.д., прежде всего, к вопросам организационного обеспечения технологии электроремонтного производства, вопросам нормирования. Повышение эффективности современного электроремонтного производства осуществляется методами ограничено противоречием: индивидуальным характером ремонта каждого изделия при массовом их поступлении в ремонт. Качественное совершенствование электроремонта возможно лишь на основе анализа множества установленного и ремонтируемого оборудования с целью воздействия на его структуру в направлении уменьшения конструктивного разнообразия типоразмеров эксплуатируемого на промышленном предприятии электрооборудования.

Изменение структурной и инвестиционной политики, связанное с курсом на техническое перевооружение, влечет ускоренную замену оборудования и необходимость принятия проектных решений по отдельным линиям, участкам, агрегатам. Оптимальная замена какого изделия с целью обеспечения эффективности электрического хозяйства в целом требует улучшения проектных, плановых и управ-

Работа выполнена на кафедре электроснабжения промышленных предприятий Московского ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции энергетического института.

• Научный руководитель - доктор технических наук, профессор КУДРИН Б.И.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор ПУЩКИН В.И.

кандидат технических наук
РЯБЦЕВ Н.И.

Ведущее предприятие - ЦТП "Черметэлектроремонт", г. Москва

Защита состоялась "13" мая 1987 г. в 14 час.
в аудитории № М-214 на заседании специализированного Совета К-053.16.06 в Московском ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции энергетическом институте.

Отзывы (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим направлять по адресу: 105835, ГСП, Москва, Б-250, Красноказарменная ул., д. 14, Ученый Совет МЭИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МЭИ.

Автореферат разослан "13" октября 1987 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
К-053.16.06

к.т.н., доцент

Амал - Т.В. АНДРОГА

В.В. Давидов

20.11.87

ления решений, обеспечивающих повышение производительности труда электроремонтных служб.

Диссертационная работа выполнена на кафедре электроснабжения промышленных предприятий Московского энергетического института в соответствии с Координационным планом научных исследований, проводимых по проблеме 0.01.11.

Цель работы заключается в системном анализе множества установленных электроремонтных процессов и моделировании процесса управления его структурой при эксплуатации и техническом перевооружении промышленных предприятий для разработки методов повышения эффективности электроремонтного производства и эффективности формирования электрического хозяйства в целом.

В соответствии с поставленной целью решены следующие задачи:

1. Анализ тенденций развития электроремонта в стране и выявление основных причин его низкой эффективности.

2. Исследование множества эксплуатируемого электроремонтного производства по уровням систем электроснабжения промышленных предприятий и статистическое моделирование устойчивости его видовой структуры.

3. Разработка математической модели механизма формирования структуры массива ремонтируемых электрических двигателей как отражения процесса их функционирования за срок службы.

4. Определение системной зависимости трудоемкости электроремонтных работ от структуры множества ремонтируемого электроремонтного производства и интенсивности электроремонтного производства для оценки эмпирических видовых распределений эксплуатируемого электроремонтного производства.

5. Разработка имитационной модели процесса управления структурой множества эксплуатируемого электроремонтного производства и количественные исследования показателей эффективности электроремонта при изменении параметров структуры в пределах ее устойчивости.

6. Разработка методов, алгоритмов и программных средств, реализующих анализ и управление структурой множества эксплуатируемого электроремонтного производства при капитальном строительстве, техническом перевооружении и эксплуатации промышленных предприятий.

Методы исследований определены каждой из поставленных задач и опирались на положения теории систем, теории множеств, аппарат устойчивых законов предельных теорем теории вероятностей, общие положения теории надежности и марковские процессы, методы математической статистики. Теоретические исследования основывались на разработках математических моделей, в том числе имитационных, которые реализованы в программных средствах на ЭВМ СМ-4 и ИР-3000.

Выводы и предложения основываются на анализе более 400 выборок и генеральных совокупностей предприятий различных отраслей промышленности, свыше 1,5 млн. электротехнических изделий, содержащихся в информационном банке данных "Черметэлектро", в том числе данных автора по 75 выборочным обследованиям действующих производств ряда предприятий Саянского территориально-производственного комплекса.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Проведен системный анализ и осуществлено статистическое моделирование устойчивости структуры множества эксплуатируемого электроремонтного производства промышленных предприятий, в том числе с преобладающим (до 60%) количеством иностранного оборудования.

2. Доказана принадлежность видовых распределений эксплуатируемого электроремонтного производства к классу устойчивых негауссовых законов безгранично делимых распределений, не имеющих, в предельном случае, конечной дисперсии и математического ожидания.

3. На основании исследования процесса изменения в течении срока службы надежностных характеристик множества видов электрических двигателей разработана математическая модель механизма формирования структуры массива ремонтируемых электродвигателей, подтверждающая устойчивость его видового распределения.

4. Разработана системная оценка трудоемкости ремонта множества электроремонтного производства на основе устойчивости его структуры и интенсивности электроремонтного производства.

5. Статистически определена величина предложенного показателя резерва повышения эффективности электроремонтного производства, скрытого в структуре множества эксплуатируемого электроремонтного производства.

6. Разработана имитационная модель процесса управления видовой структурой эксплуатируемого электроремонтного производства по критерию трудоемкости электроремонтных работ.

7. Получены номограммы количественной оценки показателей эффективности электромонта при изменении параметров структур в пределах ее устойчивости с целью снижения разнообразия видов электрооборудования.

8. Разработана методика повышения эффективности электромонта управления структурой множества эксплуатируемого электрооборудования при капитальном строительстве, техническом перевооружении и эксплуатации промышленных предприятий.

Практическая ценность работы заключается: в создании формализованного метода оценки оптимальности построения структур множества установленного электротехнического оборудования по критерию затрат на электромонтаж и имитационной модели ее управления для многовариантной проработки на стадиях проектирования нового строительства или технического перевооружения промышленного предприятия; в разработке методики повышения эффективности электромонтажного производства на стадии эксплуатации промышленных предприятий, применение которой дает возможность повышения производительности труда электромонтажного персонала в среднем на 15%. Полученные результаты могут быть использованы в любой отрасли народного хозяйства.

Реализация полученных результатов. "Методика повышения эффективности электромонта управления структурой множества эксплуатируемых на промышленном предприятии электрических двигателей" внедрена на ПО "Абакангаомаш" с годовым экономическим эффектом 28 тыс. руб./год. Алгоритм и программа оптимизации структур множества эксплуатируемого электрооборудования по критерию затрат на ремонт реализована в качестве одной из подпрограмм отраслевой системы автоматизированного проектирования черной металлургии САПР-Черметалэктро. Сопержающиеся в работе выволы неоднократно включались в рекомендации всесоюзных научно-технических конференций, семинаров, совещаний.

Апробация работ. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всесоюзных научно-технических конференциях, семинарах, совещаниях: "Экономические методы управления энергоресурсами производством" "Проблемы обеспечения энергетической потребности народного хозяйства в электротехнической продукции в условиях ускорения научно-технического прогресса" (г. Москва, ВДХ СССР, 1985, 1986 гг.). "Внутренне перестройка электро-

та ремонт и прогрессивных форм организации труда в электромонтажном производстве на предприятиях черной металлургии" (г. Магнитогорск, 1985 г.), "Моделирование электроэнергетических систем" (г. Рига, 1987 г.), "Состояние и перспективы развития электротехнологий" (г. Иваново, 1987 г.); краевых, областных, городских научно-технических конференциях, семинарах: "Экономическая информатика", "Электробезопасность в промышленности", "Пути интенсификации ремонта электротехнического оборудования" (г. Москва, 1985, 1986 гг.), "Автоматизация электроприводов и оптимизация режимов электропотребления" (г. Красноярск, 1985 г.), "Технико-экономические проблемы оптимизации режимов электроэнергетики и ее качества" (г. Свердловск, 1986 г.), "Технико-экономические проблемы оптимизации режимов электропотребления промышленности предприятий" (г. Миасс, 1987 г.), "Научные достижения - производству" (г. Абакан, 1986 г.); научно-технических семинарах кафедр электроснабжения промышленных предприятий Московского энергетического института (1985-1987 гг.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в пяти печатных работах.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 131 странице машинописного текста, иллюстрируется рисунками и таблицами на 38 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 158 наименований и четырех приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе рассмотрены проблемы построения, развития и обеспечения функционирования электрического хозяйства промышленных предприятий как системы нового типа, которая принципиально отличается от электротехники как крупного раздела науки и отрасли народного хозяйства, изготавливающей изделия, и от электротехники, которая производит, преобразует, переносит и распределяет электроэнергию.

Особенности проектирования, формирования и развития электрического хозяйства промышленных предприятий заключаются в переходе от создания рядов изделий с жесткими размерами и параметрами

рами, опирающихся на механику, электротехнику, к построению технических систем, состоящих из выбранных во многом случайно элементов-изделий. Выбор типа электродвигателя, завода-изготовителя комплектной трансформаторной подстанции не формализуем. Замена изделия на иное, функционально близкое, но другого типа, возможна в широких пределах при проектировании, поставке, монтаже, эксплуатации.

На основе систематизации статистических данных установлено, что количество эксплуатируемого электрооборудования по иерархическим уровням системы электроснабжения промышленных предприятий является практически счетным множеством (на крупном металлургическом комбинате 10^5 электрических машин, 10^6 низковольтной аппаратуры, 10^6 источников света, 10^7 линий, 10^{10} всего различных электротехнических изделий, узлов, блоков, деталей изделий).

Анализ показал, что эффективное использование электротехнических изделий в промышленности определяется не столько затратами на изготовление, сколько затратами при их эксплуатации. Неуправляемое создание систем типа цех, производство, предприятие в целом приводит к чрезмерному разнообразию эксплуатируемого в них электрооборудования. При среднегодовой повторяемости ремонтируемых электрических двигателей по стране, равной пяти, 50-60% их типов встречается по одному разу, что превратило электромонтаж практически в индивидуальное производство и является главной причиной низкой производительности труда электротехнического персонала промышленных предприятий.

Принятие технических решений все в большей мере осуществляется на высших ступенях иерархии. В проектировании такая последовательность определена директивно: схема развития отрасли; ТЭО предприятия; проект предприятия или цеха (комплекса); рабочая документация на объект и отдельные части проекта. Подход сверху вниз при проектировании электрооборудования в отрасли черной металлургии основан на описании основных и вспомогательных критериями.

В условиях интенсификации, технического перевооружения предприятий для обеспечения эффективного функционирования электрооборудования и электрического хозяйства в целом обобщенного описания технико-экономическими показателями недостаточно. Необходима организация обратных связей: проект - реализация - проект, основанных на анализе множества установленного и ремонтируемого электро-

оборудования и воздействию на его структуру со стороны унификации и электрооборудования при проектировании, строительстве, реконструкции, замене, заказе, поставке и т.д.

Математическое описание практически счетного множества электрооборудования промышленных предприятий для целей проектирования, построения и обеспечения функционирования требует теоретического подхода, основанного в большей степени на системных исследованиях, применении количественных методов анализа.

Вторая глава посвящена системному анализу множества эксплуатируемого электрооборудования промышленных предприятий, который заключается в следующем. В выделенной совокупности электрооборудования, например, электрических двигателей, вводится понятие вида, содержащее количественную и качественную характеристики. Для целей электромонтажа вид электродвигателя - это его номинальная мощность и наименование (марка, типоразмер). Составляется общий список электродвигателей и перечень их видов. По списку перечисляется количество электродвигателей каждого вида, из которых встретившиеся одинаковое число раз, объединяются в касты. При расположении каст в порядке уменьшения в них числа видов получается видовое распределение электродвигателей выделенной совокупности.

Для примера, одно из видовых распределений приведено в таблице, где $k(i)$ - число каст; i - количество электродвигателей вида; $W(i)$ - число видов, представленных i электродвигателями; $iW(i)$ - количество электродвигателей касты. Число видов, представленных одним электродвигателем, составило $W(i)=10$, двумя - $W(2)=6$ и т.д., самый многочисленный вид, представленный 26 электродвигателями, - один $W(26)=10$. Общее количество электродвигателей - $U = \sum iW(i)$, общее число видов - $S = \sum W(i)$. Касты, представленные несколькими видами - неоднородные ($k = 1 + 4$), одним видом - однородные ($k = 5 + 10$).

На основании существенной зависимости моментов видовых распределений электрооборудования в частотной форме (аппроксимация по методу наименьших квадратов ряда $\omega(i) = W(i)/S$) от объема выборки, несходимости их к постоянной величине при устремлении последнего к бесконечности и результатов проверки по критерию Колмогорова для всего статистического материала, показано, что видовые распределения не принадлежат нормальному закону рас-

Таблица
Видовое распределение установленных электрических двигателей

$K(i)$	i	$W(i)$	$iW(i)$	Характеристика вида
1	1	10	10	0,4 АОЛ; 0,9 АОЛ; 1,5 АО2; 3 АО; 4 А; 5,5 4А; 15 ЕЛВ; 22 А; 28 А; 50 АО.
2	2	6	12	0,18 ПА; 0,37 4А; 1,0 П; 4 ВАО; 7,5 АО2; 11 4А.
3	3	3	9	0,12 ПА; 0,25 4А; 5,5 МКС.
4	4	2	8	1,1 АОЛ; 13 А2.
5	6	1	6	1,7 ДТ.
6	8	1	8	4 Д.
7	13	1	13	4,5 А.
8	16	1	16	7,5 4А.
9	18	1	18	2,2 А.
10	26	1	26	1,1 АОЛ.
Всего:		27	126	

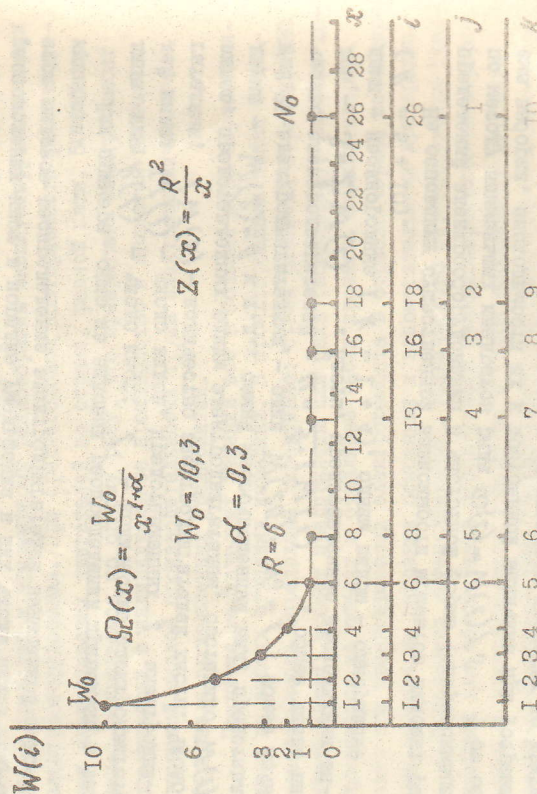


Рис. 1. Модель видового распределения (Н-распределение)

предела. Установлено, что они относятся к классу устойчивых негаусовых законов безгранично делимых распределений предельных теорем теории вероятности, асимптотически не имеющих конечной дисперсии и математического ожидания.

Невозможность применения классических методов анализа, основанных на моментах, средних и их производных, заставляет по новому исследовать структуру множества электрооборудования, эксплуатируемого на промышленных предприятиях.

Предложено структуру видового распределения описывать моделью Н-распределения, которая приведена на рис. 1 (для примера таблицы). В качестве основы для аппроксимации эмпирических распределений выбрана гипотетическая зависимость:

$$\Omega(x) = W_0 / x^{1+\alpha} \quad (1)$$

где $x \in [1, \infty)$ - непрерывный аналог i ; α - характеристический показатель распределения; $W_0 = R^{1+\alpha}$ - постоянная распределения, целочисленные значения которой равны $W(i) = [W_0]$; точка R , в которой $\Omega(R) = 1$ является особой точкой, параметром, характеризующим размер системы. Слева от точки R находятся неоднородные касты ($i < R$), справа - касты однородные ($i > R$). Для всех $i = [x]$ выполняется $W(i) = [\Omega(i)]$ - целая часть числа. Для нулевых значений численности однородных каст принято $i = N(j) = [Z(j)]$,

$$Z(j) = R^2 / j \quad (2)$$

где j - номер однородной касты (рис. 1). Значения $j \in [1, R]$ определяются как $\int_0^x x dx = \dots = \int_0^x x dx = 1$ соответствующие целочисленным значениям x .

Исследование модели (1)-(2) на статистическом материале показало, что структура любого электрического хозяйства устойчива для предприятий разных отраслей, отличающихся величиной, временем строительства, местом расположения, технологией и конечной продукцией; для различных объемов выборок одного завода, в том числе во времени; при различном определении вида различных семейств. Устойчивость Н-распределений описывается основными параметрами R и α . Эмпирически при любом R значения $\alpha = 0 + 2$.

Установлено, что существует три состояния видового распределения. Состояние "норма" при $\alpha \in [0,1]$ соответствует, основываясь на свойстве экономического критерия оптимизации - его полноте в зоне минимума народнохозяйственных затрат, равнооптимальным, "технологически равнозначным" вариантам формирования структуры множества электрооборудования.

В двух случаях проявляются аномальные состояния: 1) $R = \sqrt{W(i)}$ и $\alpha \geq 1$ - состояние с завышенным содержанием в распределении редких видов, характерное, в основном, для выбора ремонтируемого электрооборудования; 2) $R = \sqrt{W(i)}$ и $\alpha = 0$ - состояние с завышенным содержанием многочисленных видов, редко встречающиеся для видовых распределений электрооборудования и обнаруженное пока лишь для распределений иностранного электрооборудования, установленного одновременно, одной фирмой, в отдельном цехе, производстве, предприятии.

Для изучения процессов, приводящих к статистически наблюдаемым видовым распределениям, в работе построена математическая модель механизма формирования структуры массива ремонтируемых электрических двигателей, основанная на исследовании изменения в течении срока службы их надежностных характеристик. Определение вида принято как электрическая машина одинаковой величины номинальной мощности, типа и надежностных характеристик, определяющих фактическую наработку машины до первого отказа (ремонта) или между последующими отказами. Процесс выходов в ремонт в течении срока службы рассмотрен как марковский случайный процесс. Усреднение срока службы электрических двигателей для множества видов с различными надежностными характеристиками по временному параметру, распределенному по показательному закону, в результате представляет собой распределение Пуассона, относящееся к тому же классу негауссовых распределений, что и эмпирически полученные видовые распределения.

Модель является подтверждением устойчивости структуры множества ремонтируемых электрических двигателей и позволяет получить системную оценку эксплуатационной надежности, которая покажет, что не существует в среднем какого-то оптимального межремонтного периода даже для однотипного оборудования. Устойчивое существование в распределении видов электрических двигателей по повторяемости их надежностных характеристик многочисленных групп одного вида (межремонтного периода) позволяет органи-

зовать оптимальное управление периодичностью проведения планово-предупредительных ремонтов воздействием на их план-график.

В третьей главе на базе устойчивости Н-распределений осуществлено моделирование процесса управления структурой множества эксплуатируемого электрооборудования при строительстве, техническом перевооружении и эксплуатации промышленных предприятий по критерию предложенной системной оценки суммарной трудоемкости электрооборудования.

Сложившийся метод определения численности электротехнического персонала предполагает определение общей трудоемкости ремонтных работ как суммы трудоемкостей отдельных операций ремонта электрооборудования. Как показывает статистика, такой подход, не учитывающий интенсификации электрооборудования, влияющей на образование устойчивых однородных групп ремонтируемого электрооборудования, повывающих производительность труда персонала, приводит к ошибкам в 30-100%.

В работе на основе исследования зависимости трудоемкости ремонта электрических двигателей от величины однородной партии

$$T = T_1 / x^\beta, \quad (3)$$

где T_1 - трудоемкость ремонта первого электрического двигателя партии, чел.ч.; x - величина партии, шт.; β - показатель интенсивности технологического процесса электрооборудования, определяющий величину снижения трудоемкости ремонта второго однородного изделия, третьего и т.д. (экспериментально для условий электрооборудования цехов промышленных предприятий $\beta = 0,01 + 0,45$), введена системная формула определения суммарной трудоемкости электрооборудования, учитывающая устойчивость видовой структуры множества ремонтируемых электрических двигателей:

$$T_c = T_{cp} \sum_i i^{-\beta} W(i), \quad (4)$$

где T_{cp} - трудоемкость ремонта электрического двигателя средней мощности, чел.ч.; $\sum$ - коэффициент, учитывающий процентное содержание в рассматриваемом множестве электрических двигателей различных категорий сложности; $k, i, W(i)$ - параметры видового распределения. Статистические исследования (4) позволили формализовать взаимосвязь интенсивности электрооборудования производства и уровня разнородности ремонтируемых электрических двигателей: $\beta = 1/(1+\alpha)$.

По показателю (4) предложено оценивать в абсолютных единицах

оптимальность построения структуры множества установленного и отремонтированного за определенный промежуток времени электрооборудования. Уровнем сравнительной эффективности построения структуры с точки зрения затрат на электромонтаж является отношение системной трудоемкости (4) к трудоемкости (T_{ϕ}), определенной без учета снижения удельной трудоемкости в однородных партиях:

$$H_{\tau} = \frac{T_c}{T_{\phi}} = \frac{\sum_i i^{\beta} W(i)}{\sum_i i W(i)} \quad (5)$$

Относительный показатель (5) отражает напряженность выполнения электромонтажных работ по структуре множества электрооборудования. Увеличение разнообразия номенклатуры ремонтируемого электрооборудования приближает его значение к единице.

На основе анализа показателей (4)-(5) по статистическому материалу выявлено, что в структуре множества электрооборудования скрыт резерв повышения эффективности электромонтажного производства, величина которого, рассчитанная по формуле:

$$\Delta_H = (1 - H_{\tau}) 100, \% \quad (6)$$

в среднем составила для установленного электрооборудования 35%, ремонтируемого за год 27%, шесть месяцев 25%, квартал 14%, месяц 8%. Являясь оценкой оптимальности построения структуры видового распределения по критерию затрат на электромонтаж, показатель (6) отражает величину возможного снижения трудоемкости выполнения ремонтных работ при данном построении видовой структуры множества электрооборудования.

В работе предложена имитационная модель воздействия на видовую структуру множества эксплуатируемого электрооборудования, которая в интерактивном режиме на ЭМ позволяет изменять состояние исходного видового распределения и изучать влияние этого изменения на показатели эффективности электромонтажа. Процесс управления структурой в направлении унификации для случая постоянного количества элементов множества (процесс технического перевооружения предприятия или любой случай сравнения вариантов структур) в пределах состояния видового распределения "норма" описан математически, проверен статистически и реализован на ЭМ. Модель, основанная на разности H-распределений, приведена на рис. 2.

Учитывая незначительное снижение трудоемкости ремонта каждого последующего изделия в однородной партии для части функции (3),

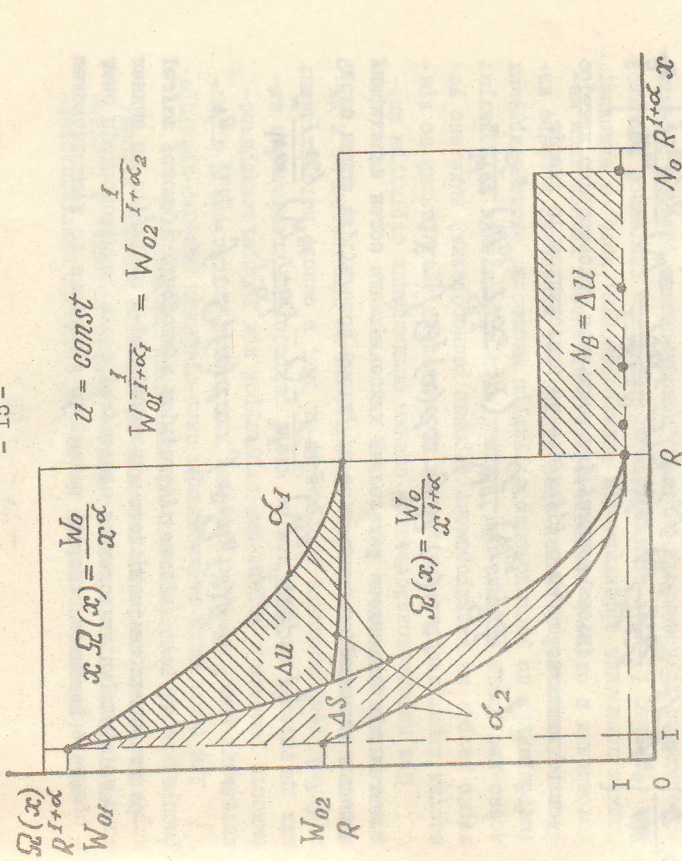


Рис. 2. Модель управления видовой структурой множества эксплуатируемого электрооборудования

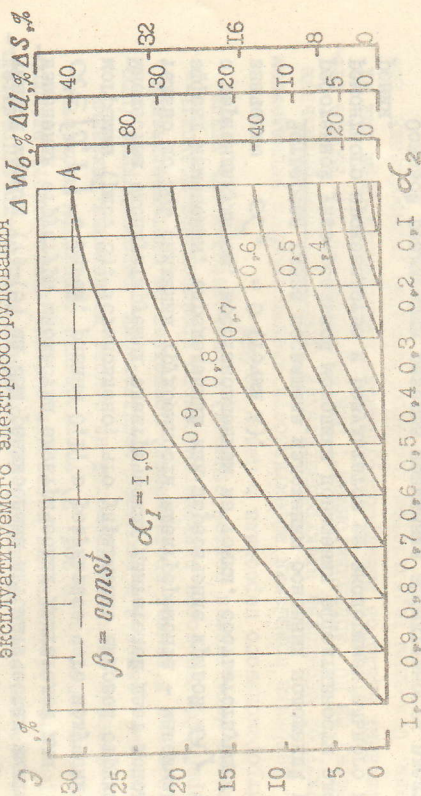


Рис. 3. Номограмма эффективности управления структурой

малозависимой от изменения аргумента (эффект насыщения), следовало предположение, что в результате воздействия перераспределенные по структуре Н-распределения электрические двигатели образуют условную однородную виртуальную массу:

$$M_B = \Delta U = \int_0^1 x \Omega_1(x) dx - \int_0^1 x \Omega_2(x) dx = - \frac{W_{01}}{1-\alpha_1} \left(W_{01} \frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1} - 1 \right) - \frac{W_{02}}{1-\alpha_2} \left(W_{01} \frac{1-\alpha_2}{1+\alpha_1} - 1 \right). \quad (7)$$

Число видов виртуальной массы, то есть число сокращенных в целях унификации видов электрических двигателей множества, составляет:

$$\Delta S = \int_0^1 \Omega_1(x) dx - \int_0^1 \Omega_2(x) dx = - \frac{W_{02}}{\alpha_2} \left(W_{01} \frac{1-\alpha_2}{1+\alpha_1} - 1 \right) - \frac{W_{01}}{\alpha_1} \left(W_{01} \frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1} - 1 \right). \quad (8)$$

Эффект от воздействия на структуру с целью снижения разнообразия определяется величиной виртуальной массы:

$$\Delta_b = \left[\frac{W_{01}}{1-\alpha_1} - \left(W_{01} \frac{1-\alpha_1}{1+\alpha_1} - 1 \right) - \frac{W_{02}}{1-\alpha_2} \beta \left(W_{02} \frac{1-\alpha_2}{1+\alpha_1} - 1 \right) - N_b \right] \frac{1-\beta}{\alpha} \frac{100}{\alpha}. \quad (9)$$

В качестве вычислительного эксперимента на основе разработанной модели (7)-(9) на ЭВМ реализована автоматическая имитация изменения структуры множества электрических двигателей для $\alpha \in [0, 1]$ с шагом, равным 0,1, в результате чего получены номограммы (рис. 3). Установлено, что управление видовой структурой множества эксплуатируемых электрических двигателей дает дополнительно до 30% снижения трудоемкости электроремонта - максимальный эффект изменения, определенный как пересечение кривой $\alpha_1 = 1,0$ с перпендикуляром, восставленным из точки, соответствующей значению $\alpha_2 = 0$ (точка А).

Четвертая глава посвящена изложению основных положений разработанной универсальной методики повышения эффективности электроремонтного производства и результатов ее экспериментального внедрения.

Основой реализации резерва повышения эффективности электроремонтного производства, содержащегося в структуре множества ремонтируемых электродвигателей, является организация капитального

и среднего ремонтов партиями на основе создания централизованного по предпринятию обменного фонда. Вопрос величины и состава партий и обменного фонда решается анализом во времени видовых распределений ремонтируемых электрических двигателей.

Для реализации выравнивания план-графиков планово-предупредительных ремонтов электрических двигателей по системной трудоемкости ремонта и управления структурой при выборе электрических двигателей системы или ее части разработаны специальные алгоритмы, реализованные программно на ЭВМ, в основе которых лежат известные методы унификации, адаптированные применительно к новым распределениям.

При народнохозяйственной оценке оптимизации структуры множества электрических двигателей промышленных предприятий по критерию затрат на электроремонт (уровню разнообразия) выделено условно два этапа оптимизации. Первый этап минимизации трудозатрат (мероприятия по упорядочению структуры множества эксплуатируемых электродвигателей в рамках предприятия без изменений в сфере изготовления и системе распределения) реализуется применением методики повышения эффективности электроремонта, которая включает два ступени: 1) учет производительности труда системной формулой определения трудоемкости ремонта, использование резерва эффективности электроремонтного производства, содержащегося в структуре множества ремонтируемых электродвигателей, и увеличение величины этого резерва воздействием на план-графики планово-предупредительных ремонтов оборудования позволяют снизить трудоемкость электроремонтных работ на 18-20%; 2) упорядочение структуры множества установленных электродвигателей на основе управления заказами, поставками, заменой в процессе эксплуатации, реконструкции (проектирование в рамках предприятия) позволяет за счет увеличения резерва эффективности электроремонтного производства повысить (включая мероприятия первой ступени) производительность труда электроремонтного персонала в целом до 30%.

Методика повышения эффективности электроремонта управлением структурой множества электродвигателей прошла экспериментальную проверку на ПО "Абаканвагонмаш". Она используется при выборе оптимальных аналогов электрооборудования иностранных фирм для их замены. Основным результатом является снижение разнообразия видов ремонтируемых электрических двигателей.

Второй этап включает решение задачи многокритериальной опти-

казатели в границах $\alpha \in [0,1]$ соответствует состоянию технологически равнозначных вариантов структуры - "норма"; $\alpha \geq 1, \alpha = 0$ - аномальные состояния.

5. Разработана математическая модель механизма формирования структуры массива ремонтируемых электрических двигателей как результата усреднения срока службы электрического двигателя на множестве видов с различными характеристиками надежности по временному параметру, распределенному по показательному закону, которая является теоретическим подтверждением устойчивости Н-распределения.

6. Введена формула расчета системной трудоемкости электромонтажных работ, учитывающая структуру множества ремонтируемого электрооборудования и интенсивность электромонтажного производства, по которой проведена оценка оптимальности построения эмпирических видовых распределений. Установлено, что в структуре множества электрооборудования скрыт резерв повышения эффективности электромонтажного производства, величина которого в зависимости от характера выборки составляет 8-35%.

7. Разработана имитационная модель процесса управления структурной мощностью эксплуатируемого электрооборудования, на основе которой построены номограммы количественной оценки эффективности изменения структуры в пределах состояния видового распределения "норма". Показано, что воздействие на структуру в этих пределах в направлении унификации дает дополнительно до 30% снижение трудоемкости электромонтажных работ.

8. Разработана "Методика повышения эффективности электромонтажа управлением структурной мощностью эксплуатируемых на промышленном предприятии электрических двигателей", которая на основе анализа видовых распределений электрооборудования позволяет осуществлять расчет системной трудоемкости электромонтажа, организацию ремонта партиями, создание оптимального централизованного обменного фонда, выравнивание план-графиков планово-предупредительных ремонтов электрооборудования по трудоемкости и целенаправленное воздействие на устанавливаемое оборудование в процессе формирования электрического хозяйства.

мизации и представляет собой комплекс мер по управлению разнообразием в рамках народного хозяйства как составной части инвестиционного цикла. В работе предлагается метод количественной оценки одного из критериев оптимизации - затрат на электромонтаж.

на основе которого установлено, что управление структурной мощностью выпускаемых, комплектующих и установленных электродвигателей с применением ограничений по обратным связям при проектировании технологического оборудования и промышленных предприятий в целом, поддержание разнообразия эксплуатируемых электродвигателей на уровне $\alpha_0 = 0,2$, позволяет получить до 35% повышения производительности труда при ремонте. В настоящее время структура производства эксплуатируемых на промышленных предприятиях электродвигателей находится на уровне $\alpha = 0,75$ и проблема заключается в решении задач первого этапа - минимизации затрат на электромонтаж за счет снижения разнообразия видов множества эксплуатируемого на предприятиях оборудования в границах параметров его структуры, определяемых состоянием видового распределения "норма".

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Установлена главная причина низкой эффективности электромонтажного производства, заключающаяся в его индивидуальном характере, который обусловлен разнообразием эксплуатируемого электрооборудования, что является результатом неуправляемого формирования в целом электрического хозяйства промышленных предприятий.

2. На основании системного анализа статистических данных по множеству эксплуатируемого электрооборудования предприятий различных отраслей промышленности, содержащих более 400 выборок и генеральных совокупностей (свыше 1,5 млн. изделий), показано, что количество установленного электрооборудования по иерархическим уровням систем электроснабжения практически счетно и может быть описано видовым распределением.

3. Показано, что видовые распределения эксплуатируемого электрооборудования принадлежат к классу устойчивых негауссовых законов безгранично делимых распределений, асимптотически не имеющих конечных математического ожидания и дисперсии.

4. Показано, что устойчивость видового распределения моделируется Н-распределением, которое описывается двумя параметрами: показателем размера системы - R и характеристическим показателем - α . Установлено, что изменение характеристического по-

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Исследование технических систем типа электрический ценоз / Кудрин Б.И., Якимов А.Е., Фудяев В.В. и др. / Моск. энерг. ин-т. М., 1985. 52 с. Деп. в ИНФОРМЭНЕРГО 25.II.85. № 2002-эн.
2. Фудяев В.В. Оптимизация структуры проектируемого и эксплуатируемого электрооборудования // Сб. научн. тр. № 90. М.: Моск. энерг. ин-т. 1986. С. 31-40.
3. Кудрин Б.И., Фудяев В.В., Якимов А.Е. Управление структурой множества элементов системы электрооснащения как метод оптимизации электрического хозяйства промышленного предприятия // Сб. научн. тр. Калинин: Калинин. гос. ун-т 1986. С. 114-119.
4. Бочкарев В.П., Федоров О.В., Фудяев В.В. Рационализация обслуживания электротехнического оборудования // Промышленность строительных материалов. Стекольная промышленность. М.: ВНИИЭСМ. 1987. С. 12-13.
5. Кудрин Б.И., Фудяев В.В. Проектирование электрооборудования в условиях технического перевооружения // Промышленная энергетика. № 6. 1987. С. 8-10.

Фудяев

Подписано в печать	Л-66784	30.05.87	Бесплатно
Изд. № 1, 2, 3	Тираж 100	Заказ 3381	

Типография МЭИ, Красноказарменная, 13.