

ЭВОЛЮЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТАМИ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЯХ

ТЕРЕШКО О.А. Проректор ИПКгосслужбы – директор ВИПКэнерго, д.т.н., проф.

Рассматриваются существующие подходы к управлению ремонтными кампаниями электросетевых компаний. Поднимается вопрос составления математической модели электросетевого объекта и на основании этой модели предлагается методика планирования ремонтной деятельности по техническому состоянию.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТОМ

В настоящее время имеются три возможных подхода к управлению ремонтами:

- ремонт после отказа – это только устранение повреждений. По истечении нормативного срока объект демонтируется полностью и строится новый;
- ремонт по техническому состоянию, когда производится оценка технического состояния всех объектов и из всей совокупности объектов последовательно выбираются те объекты, которые обладают наибольшей эффективностью ремонта;
- планово-предупредительный ремонт, когда для различных объектов устанавливаются нормативные сроки межремонтного периода. На основании этих сроков составляются годовые планы. Эта система обладает простотой, наглядностью и легко поддается контролю. Ее недостатком является полное отсутствие учета ограничений по ремонтным ресурсам.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТАМИ

Для выбора той или иной системы необходимо произвести количественную оценку различных систем, но для этого необходимо провести многолетние и дорогостоящие натурные статистические испытания, что для электросетевых объектов невозможно. Возникла необходимость в математическом моделировании.

При математическом моделировании состояния электросетевого объекта он представляется диаграммой возможных состояний, связанных потоками переходов из одного состояния в другое.

При этом техническое состояние объекта характеризуется следующими показателями:

Коэффициент дефектности

$$K_d = (N_d/N_v) \cdot 100 \%$$

Коэффициент повреждаемости

$$K_p = (N_p/N_v) \cdot 100 \%$$

N_d – количество дефектных элементов;

N_p – количество поврежденных элементов;

N_v – количество установленных элементов.

Для вычисления указанных коэффициентов используется математический аппарат марковских процессов. Тогда по результатам математического моделирования можно получить зависимости, представленные на рис. 2–4.

По показанным на рис. 2–4 результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Коэффициент дефектности объекта никогда не станет равным 100 %, так как в объект постоянно «подмешиваются» исправные элементы при восстановительном ремонте (замена поврежденных элементов на исправные).

2. Коэффициент дефектности объекта объективно увеличивается во времени, капитальный ремонт только уменьшает скорость увеличения коэффициента дефектности.

3. Наибольшее снижение коэффициента дефектности объекта происходит при периодичности капитального ремонта 4–5 лет. При увеличении периодичности эффективность капитального ремонта снижается.

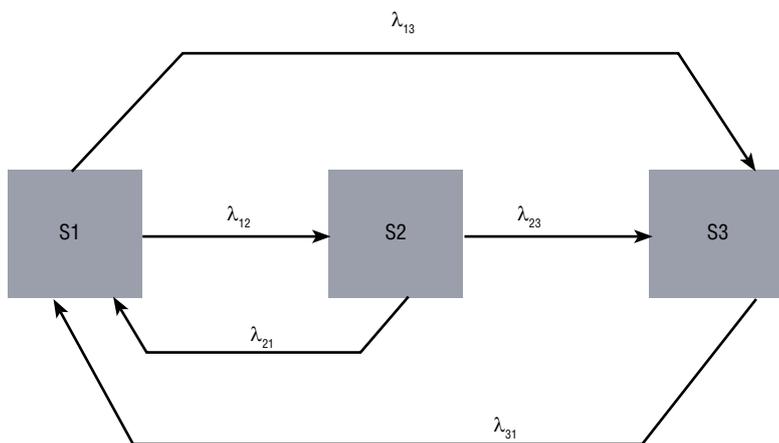


Рисунок 1. Диаграмма состояний электросетевого объекта

S1 – исправное состояние;

S2 – дефектное состояние;

S3 – поврежденное состояние;

λ_{12} – естественный износ элемента;

λ_{13} – внезапное повреждение элемента;

λ_{23} – износное повреждение элемента;

λ_{21} – капитальный ремонт;

λ_{31} – восстановительный ремонт.

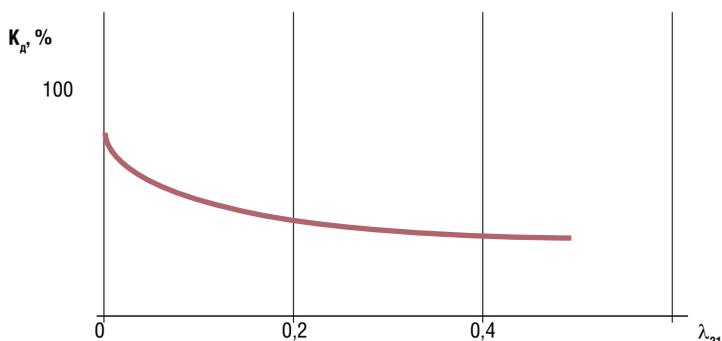


Рисунок 2. Зависимость КД от срока эксплуатации

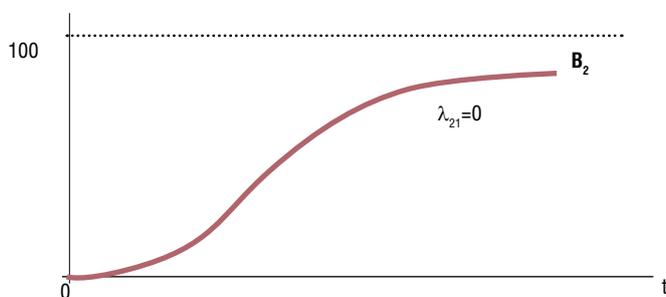


Рисунок 3. Зависимость КД от срока эксплуатации и периодичности ремонта

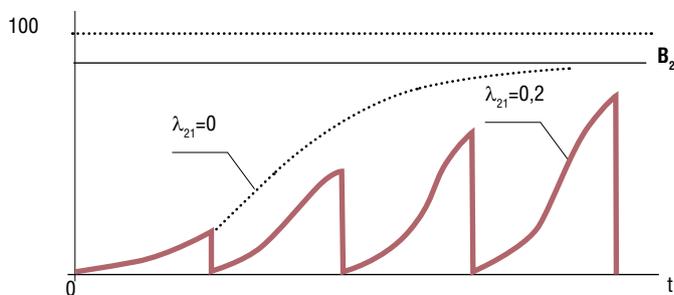


Рисунок 4. Зависимость КД от периодичности ремонта

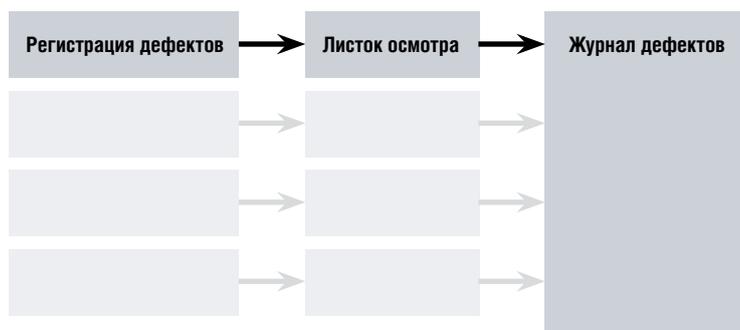


Рисунок 5. Формирование журнала дефектов

Таблица 1.

$K_{д.об.} = 0$	$K_{д.об.} < 25\%$	$25\% < K_{д.об.} < 50\%$	$K_{д.об.} > 50\%$
Хорошее	Удовлетворительное	Неудовлетворительное	Непригодное
Требуется только техническое обслуживание	Подлежит капитальному ремонту.		

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ РЕМОНТНЫХ ПРОГРАММ

Планирование по техническому состоянию требует создания системы оценки технического состояния.

Существуют две оценки технического состояния электросетевых объектов:

- качественная – используется как наглядная характеристика технического состояния сетей;
- количественная – используется для составления годового плана капитальных ремонтов.

Техническое состояние объекта характеризуется совокупностью дефектов, зарегистрированных в процессе осмотров и проверок. См. рис. 5 – формирование журнала дефектов.

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Качественная оценка технического состояния ведется на основании коэффициента дефектности – $K_{д.}$. Базовой формулой для расчета $K_{д.}$ является:

$$K_{д.} = (N_{д.} / N_{у.}) \cdot 100\%,$$

$N_{д.}$ – количество дефектных элементов;
 $N_{у.}$ – количество установленных элементов.

Качественная оценка технического состояния воздушных ЛЭП

Расчет ведется с учетом технического состояния изоляторов и проводов. Например, для опор:

$$K_{д.оп.} = (0,87 \cdot V_{д.д.} + V_{д.б.}) / (0,87 \cdot V_{у.д.} + V_{у.б.}),$$

$V_{д.д.}$, $V_{у.д.}$ – объем дефектной и установленной древесины, м. куб.;
 $V_{д.б.}$, $V_{у.б.}$ – объем дефектного и установленного железобетона, м. куб.;

Комплексная качественная оценка воздушных ЛЭП

Коэффициент дефектности объекта:
 $K_{д.об.} = 0,48 \cdot K_{д.оп.} + 0,07 \cdot K_{д.из.} + 0,45 \cdot K_{д.п.}$,
 $K_{д.оп.}$ – коэффициент дефектности опор;
 $K_{д.из.}$ – коэффициент дефектности изоляторов;
 $K_{д.п.}$ – коэффициент дефектности проводов.
 По полученному значению $K_{д.об.}$ с использованием классификатора, приведенному в табл. 1, определяется состояние объекта.

Таблица 2. Фрагмент классификатора характерных дефектов

Код дефекта	Наименование дефекта	Вероятность отказа
T10	Загромождение охранной зоны	0,35
K13	Продольный наклон опоры	0,25

Таблица 3. Пример расчета количественной оценки технического состояния

Код дефекта	Наименование дефекта	Количество дефектов	Вероятность отказа	Оценка
T41	Наличие дерева	5	0,45	2,25
K12	Проседание грунта	1	0,15	0,15
C23	Оголение арматуры	2	0,55	1,10
ИТОГО				3,5 отк./год

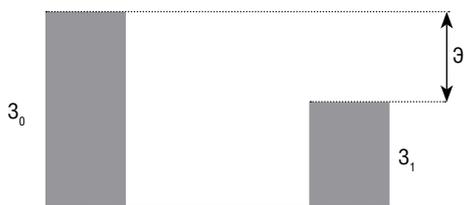


Рис. 6. Эффективность капитального ремонта по техническому состоянию



Рис. 7. Составление годового плана капитальных ремонтов

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Количественная оценка заключается в расчете математического ожидания количества износных отключений объекта в течение одного года. Информационной основой расчета является «Список дефектов объекта» и «Классификатор характерных дефектов» (см. табл. 2).

Количество износных отключений ВЛ 10 кВ, откл/год:

$$A_{из} = \sum \lambda_i \cdot n_i,$$

λ_i – вероятность отказа из-за одного дефекта i -го вида;

n_i – количество дефектов i -го вида.

Пример расчета количественной оценки технического состояния объекта приведен в табл. 3.

РАСЧЕТ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Для расчета эффективности капитального ремонта определяется экономическая эф-

фективность, как разница между затратами в случае проведения и отказа от проведения капитального ремонта (см. рис. 6).

$$\begin{aligned} \Theta &= Z_0 - Z_1, \\ Z_0 &= A_{из} \cdot Y_{AB} \cdot T_{AB} + A_{из} \cdot C_{AB}, \\ Z_1 &= A_{пл} \cdot Y_{пл} \cdot T_{пл} + C_{кр}, \end{aligned}$$

где:

Z_0 – затраты для стратегии «Капитальный ремонт не производится», руб/год

Z_1 – затраты для стратегии «Капитальный ремонт производится», руб/год

$A_{из}$ – количество износных отказов, отк/год

Y_{AB} – удельный ущерб при внезапных отказах, руб/час

T_{AB} – время восстановления, час/отк

C_{AB} – затраты на восстановительный ремонт, руб/отк

$A_{пл}$ – количество плановых отключений, отк/год

$Y_{пл}$ – удельный ущерб при плановом отключении, руб/час

$T_{пл}$ – продолжительность планового отключения, час/отк

$C_{кр}$ – сметная стоимость капитального ремонта, руб/год

Если Θ меньше нуля, объект исключается из плана.

После выполнения расчета « Θ » для каждого из объектов, производится составление годового плана капитальных ремонтов. При этом объекты ранжируются по степени убывания « Θ », капитальный ремонт производится в первую очередь для объектов с максимальной эффективностью, с последовательным переходом к объектам с меньшим значением « Θ ». При этом на каждом шаге проверяется соблюдение ограничений по ремонтным ресурсам (см. рис. 7).

ВЫВОДЫ

1. Планово-предупредительный ремонт является низкоэффективной системой управления ремонтами, так как не учитываются техническое состояние объектов и ограничения по ремонтным ресурсам (трудозатраты, деньги, материальные ресурсы).

2. Капитальный ремонт по техническому состоянию основан на оценке технического состояния объектов и позволяет составить годовой план капитального ремонта наиболее эффективным образом с учетом ограничений по ремонтным ресурсам.

3. Капитальный ремонт по техническому состоянию должен выполняться «под ключ». Если объект включен в годовой план, то на нем должны быть устранены все зарегистрированные дефекты.

1TH RSNTTD ECNDT Moscow 2010, June 7-11



EF European Federation for
Non-Destructive Testing
NDT



Российское общество по
неразрушающему контролю
и технической диагностике
(РОНКТД)

10-я Европейская конференция и выставка по неразрушающему контролю Москва, 7-11 июня, 2010 г.

Место проведения:
Москва, Экспоцентр



Секретариат:
119048, Москва, ул. Усачева, 35, стр.1
Тел.: +7 (499) 2467132
Факс: +7 (499) 2467132 / 2468888
e-mail: info@ecndt2010.ru, Home page: www.ecndt2010.ru

Тематические разделы:

ТЕХНОГЕННАЯ ДИАГНОСТИКА
АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, РИСКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Прием тезисов докладов
Представление текста докладов

до 1 июня 2009г.
до 1 января 2010г.

Диагностика - основа безопасности