



ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ И НАЛАДКА

Алгоритм построения графика планово-предупредительного ремонта нефтепромысловых электрических сетей

СУШКОВ В. В., канд. техн. наук

Гипротюменьнефтегаз

ПУХАЛЬСКИЙ А. А., инж.

Управление «Самолорэнергонефть», Нижневартовск

Графики планово-предупредительного ремонта (ППР), предусматривающие планирование ремонтов и технических обслуживаний (ТО), разрабатываются с целью повышения надежности, маневренности и экономичности в управлении трудовыми и материальными ресурсами, занятыми в обслуживании и ремонтах основного электрооборудования и электрических сетей.

Составление графика ППР представляет собой сложную многокритериальную задачу, которая должна учитывать множество факторов. В настоящее время график ППР формируется и выполняется по календарному принципу, т. е. ремонты и ТО проводятся в заранее определенные сроки без учета фактического времени работы электрооборудования, воздушных (ВЛ) и кабельных (КЛ) линий электропередачи и их технического состояния.

С появлением в практике эксплуатации определенного набора средств диагностики стало возможным проведение ремонтов и ТО электрооборудования и ВЛ с учетом их фактического состояния, что приводит к необходимости многократной корректировки сроков проведения ремонтных мероприятий. Таким образом, актуальным является вопрос автоматизации составления и корректировки графика ППР в процессе эксплуатации электрооборудования и электрических сетей, так как сроки проведения ремонтов и ТО должны устанавливаться многократно с учетом ограничений и по заданным критериям.

Составление графика ППР — многоступенчатый процесс, включающий планирование ремонтных мероприятий, как правило, на месяц и в целом на год, причем на каждом последующем этапе процесса планирования корректируется решение, принятое на предыдущем, с учетом текущей информации о техническом состоянии электрооборудования и ВЛ.

Выработка окончательного плана графика ППР должна состоять в оценке вариантов ввода в ремонт и проведения ТО с учетом ожидаемых ущербов U от плановых ремонтов $U_{пл}$ электрической сети [1] и переноса сроков ремонта относительно оптимальных $U_{пер}$ [2] по условиям подготовленности и возможности проведения ремонтных работ.

Задача формулируется следующим образом. Пусть дан список электрооборудования, которое обслуживается данным составом электромонтеров численностью E . Из множества объектов i выделяется их подмножество $G_i \in Q_i$, для которых существует необходимость совмещения ремонтов с целью сокращения стоимости и времени проведения ремонтных работ, в течение которого снижается надежность объекта.

Для данных объектов должен существовать единый срок проведения ремонтных работ. Электрооборудование и ВЛ характеризуются следующими параметрами:

- дата последнего ремонта j -го вида D_j ;
 - виды ремонтов и ТО (структура ремонтного цикла) m ;
 - трудоемкость j -го вида ремонта P_{pj} ;
 - стоимость ремонтных работ j -го вида;
 - продолжительность ремонтных работ j -го вида T_j (в ряде случаев равна времени отключения потребителя);
 - материалы для проведения ремонтов j -го вида.
- Необходимо для известных i и G_i определить сроки проведения ремонтов и ТО на заданном промежутке времени T_3 при выполнении условий:

$$U_i = U_{пл\ i} + U_{пер\ i} \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$T_i = \min_{\substack{i \in Q \\ j \in m}} T_{ij}; \quad (2)$$

$$P_{с.р} < P_{пл}, \quad (3)$$

где $T_i = T_{j\ max}$; $P_{с.р} = \sum_{\substack{i \in Q \\ j \in m}} P_{pj}$; $T_{j\ max}$ — наиболь-

шая продолжительность при совмещении ремонтных работ электрооборудования j -го вида; $P_{пл}$ — планируемая трудоемкость ремонтных работ по фактической численности электромонтеров на данный период времени; $P_{с.р}$ — суммарная расчетная трудоемкость ремонтов и ТО.

Добываясь при составлении графика ППР путем варьирования переменных D_j , m , T , P_p , T_j выполнения условий (1) и (2), можно управлять ремонтами.

Плановая трудоемкость ремонтных работ, определяемая численностью ремонтного персона-

ла, плановой трудоемкостью j -го вида ремонта и ТО и продолжительностью рабочего времени на заданном временном промежутке времени, находится из выражения

$$P_{пл} = \left(\sum_{j \in m} TP_j E_j \right) T_3 \cdot 8k, \quad (4)$$

где k — коэффициент, учитывающий больничные листы и предпраздничные дни.

Длительность проведения ремонтов, выраженная в днях, определяется с учетом восьмичасового рабочего дня по формуле

$$T = [P_{пл} / (8k_{ав}E)] \text{ или } D = [T_i / (8k_{ав})], \quad (5)$$

где $[]$ — целая часть полученного значения; $k_{ав}$ — коэффициент, учитывающий срочность ремонтных работ при устранении аварий.

Управление ремонтами осуществляется на основе следующих соображений:

1. Перенос сроков ремонта относительно оптимального значения в сторону увеличения межремонтного периода вызывает ущерб от аварий вследствие повышения вероятности отказа электрооборудования или ВЛ, а в сторону уменьшения — ущерб от перерасхода ресурсов на проведение плановых ремонтов [2].

2. Плановый ремонт нерезервируемого электрооборудования и ВЛ приводит к ущербу, обусловленному простоем технологического оборудования, а при совмещении плановых ремонтов электрооборудования и технологического оборудования ущерб можно принять равным нулю.

3. Ущерб от планового ремонта резервируемого электрооборудования и ВЛ минимален и определяется вероятностью совпадения моментов времени планового ремонта и отказа резервного электрооборудования (в [3] определено, что данная вероятность на порядок ниже вероятности отказа электрооборудования и ВЛ). Частота, вероятность и длительность простоя технологического оборудования от плановых ремонтов определяется по [3].

Таким образом, планирование ремонтов осуществляется по следующему алгоритму. Для каждого элемента i -го списка электрооборудования определяется день проведения ремонта или ТО по последней дате и периодичности ремонтных воздействий. При этом приоритет имеет группа электрооборудования, отнесенная к основным электроустановкам по значимости для технологии добычи. Для каждого месяца плановых работ проверяется выполнение условия (3), в противном случае сроки проведения работ для i -го вида электрооборудования сдвигаются на более раннее или позднее время. По результатам расчета времени вывода в ремонт определяются $U_{пер}$ и $U_{пл}$. Если срок ремонта передвинут по результатам диагностики, то $U_{пер} = 0$. Целенаправленный поиск наименьшего значения U_i возможен с использованием, например, известного метода ветвей и границ. Возможен случай, когда условие (3) не выполняется в целом для года, тогда решение о сроках проведения ремонтов и ТО должно корректироваться путем введения дополнительного количества электромонтеров E .

Таким образом, приведенный алгоритм позволяет корректировать сроки проведения ремонтных работ по условиям минимизации ущербов и длительности проведения ремонтных работ, что обеспечивает наилучшие технико-экономические показатели и повышает надежность сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фокин Ю. А., Туфанов В. А. Оценка надежности систем электроснабжения. — М.: Энергоиздат, 1981.
2. Суд И. И., Сушков В. В. Оценка убытков от переноса срока планового ремонта электрооборудования, эксплуатируемого на нефтяных промыслах Западной Сибири. — Машины и нефтяное оборудование, 1981, № 9.
3. Новоселов Ю. В., Фрайштетер В. П., Сушков В. В. Методические указания по расчету и нормированию надежности электроснабжения нефтяных промыслов РД 39-0147323-801-89-Р. — Тюмень: Гипротюменьнефтегаз, 1989.