

УДК 621.313.322-192

Г.Г. Шемян, З.А. Беллуян

Выявление характерных периодов работы синхронных генераторов мощностью до 100 кВт

(Представлено академиком В.В. Алексеевским 30/X 2003)

Синхронные генераторы (СГ) общепромышленного назначения мощностью до 100 кВт с частотой вращения от 1000 до 3000 об/мин являются массовой продукцией электромашиностроения и предназначены для выработки электрической энергии переменного тока в различных отраслях народного хозяйства. Переход на рыночную экономику повышает требования конкурентоспособности, что в значительной степени зависит от надежности изделий.

Целью настоящей работы является установление характерных периодов работы СГ путем анализа эксплуатационной надежности.

СГ в процессе эксплуатации проходят характерные периоды работы: период приработки ($t_{пр}$), период нормальной работы ($t_{нр}$) и период старения ($t_{ст}$).

Надежность СГ в общем случае определяется как произведение надежностей в различные периоды работы [1]

$$P_r(t) = P(t_{пр} + t_{нр} + t_{ст}) = P(t_{пр}) \cdot P(t_{нр}) \cdot P(t_{ст}), \quad (1)$$

где $P(t_{пр})$, $P(t_{нр})$ и $P(t_{ст})$ - надежность за время приработки $t_{пр}$, нормальной эксплуатации $t_{нр}$ и старения $t_{ст}$.

Период приработки характеризуется высокой интенсивностью $\lambda(t)$ отказов, что связано с наличием скрытых дефектов. Анализ и изучение результатов эксплуатации 8000 единиц СГ серий ЕС, ЕСС, ЕСС5, ОС и ОС5, проработавших суммарно $43.7 \cdot 10^{11}$ часов в различных климатических зонах и отраслях (34% - в сельском хозяйстве, 20% - на строительстве, 12% - на геологических предприятиях, 10% - на транспорте и 24% - для аварийных нужд), показали, что средний период приработки этих машин составляет 3000 ч, а распределение отказов в этот период подчиняется вейбулловскому распределению [2,3].

В период нормальной эксплуатации износостойкие отказы не проявляются, и надежность генераторов характеризуется внезапными отказами. Как показал опыт эксплуатации генераторов, отказы носят случайный характер, зависят от многих обстоятельств и потому имеют постоянную (или почти постоянную) интенсивность отказов λ , которая не зависит от возраста генераторов $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$.

На основании анализа данных [2,3] среднее значение интенсивности отказов в период нормальной работы для различной серии генераторов составляет $\lambda = (0.12 - 0.16) \cdot 10^{-3}$ 1/ч за

время $t = 40000$ ч эксплуатации.

Надежность генераторов в этот период определяется по формуле

$$P(t_{\text{нр}}) = \exp \left[- \int_0^{t_{\text{нр}}} \lambda(\tau) d\tau \right] = e^{-\lambda \cdot t_{\text{нр}}}. \quad (2)$$

Таким образом, она подчиняется экспоненциальному закону распределения.

В период старения наряду с необратимыми физико-химическими процессами происходит интенсивный износ трущихся элементов, что приводит к повышению вибрации и нарушению функционирования генератора, т.е. к повышению интенсивности отказов. Естественно, что в этот период распределение отказов подчиняется нормальному закону.

Надежность генераторов при нормальном законе распределения отказов определяется выражением

$$P(t_{\text{ст}}) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{t_{\text{ст}}}^{\infty} \exp[-(t - t_{\text{ст}})^2 / 2\sigma^2] dt, \quad (3)$$

где $t_{\text{ст}} = \sum t_i / N_0$; $\sigma = \sqrt{\sum (t_i - t_{\text{ст}})^2 / (N_0 - 1)}$;

t_i - наработка на отказ i -того генератора;

N_0 - общее количество исследуемых генераторов.

Длительность указанных периодов работы для различных типов генераторов различна.

В некоторых сериях генераторов в силу специфики их изготовления, эксплуатации и старения отсутствует период приработки [4,5]. В самом деле, если при изготовлении и сборке узлов и элементов проводить строгий и тщательный контроль в соответствии с требованиями технической документации, то практически период приработки резко сократится.

Как показала эксплуатация СГ и их основных узлов - обмоток статора и ротора, подшипникового узла и блока регулирования напряжения, их снимают с эксплуатации раньше, чем наступает их заметное старение, и потому практически не происходит интенсивного износа и изменения физико-механических свойств элементов, следовательно, у этих узлов период старения отсутствует.

Учитывая вышеизложенное и результаты анализа эксплуатационных данных, выражение (1) примет вид

$$P_r(t) = e^{-\alpha t_{\text{нр}}^\beta} \cdot \exp(-0.14 \cdot 10^{-3} \cdot t_{\text{нр}}) = \exp - (\alpha^{-1} t_{\text{нр}}^\beta + 14 t_{\text{нр}} 10^{-5}), \quad (4)$$

где параметры распределения Вейбулла α и β соответственно меняются в пределах [4]

$$\alpha = 2.68 \div 1.66, \quad \beta = 0.58 \div 0.24.$$

Таким образом, промежуток времени (0-3000 ч) можно рассматривать как время, в течение которого скрытые дефекты выявляются и обязательно устраняются, а для периода работы 3000-40000 ч параметр распределения Вейбулла $\beta = 1$ и интенсивность отказов генераторов остается почти постоянной.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. *Алексеевский В.В., Назарян А.А., Беллуян З.А.* - Труды ВНИИКЭ. Ереван. 1970. Т.3. С. 55-72.
2. *Беллуян З.А.* - Информационные технологии и управление. N 4-1. Энциклопедия Армения. Ереван. 2002. С. 106-111.
3. *Беллуян З.А.* - Труды ВНИИКЭ. Ереван. 1970. Т.9. С. 64-74.
4. *Назарян А.А., Беллуян З.А.* В сб: Стандартизация и качество продукции. Ереван. 1970. С. 157-161.
5. Отраслевой стандарт ОСТ 16 0.800.737-80. Генераторы синхронные с высотой оси вращения от 63 до 355 мм мощностью до 100 кВт (отв. исполнители Назарян А.А., Беллуян З.А., Прилуцкая К.А.). М. 1980. 63 с.

Հ.Գ.Շեկյան, Զ.Ա.Բելլույան

**Մինչև 100 կՎտ հզորության սինխրոն գեներատորների աշխատանքի բնորոշ
ժամանակահատվածների հայտաձուլը**

Դիտարկված է սինխրոն գեներատորների հուսալիությունը աշխատանքի բոլոր ժամանակահատվածներում՝ զեղման, նորմալ շահագործման և ծերացման:

Ցույց է տրված, որ սինխրոն գեներատորների հուսալիությունը զեղման հատվածում ենթարկվում է Վեյբուլի բաշխմանը, նորմալ հատվածում՝ էքսպոնենցիալ, իսկ ծերացման հատվածում՝ նորմալ (Գաուսի) բաշխմանը:

Վերջին ժամանակահատվածը՝ ծերացումը չի ազդում գեներատորի հուսալիության վրա, քանի որ ակնթարթային մերժերը տեղի են ունենում մինչև ծերացման սկիզբը: