

ИДЕНТИФИКАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Т. Н. МИЩЕНКО, В. А. ФАЛИНСКИЙ, К. Р. ХАУСТОВ, М. С. ШАПОВАЛ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна,
Украина*

Тяговые подстанции (ТП) постоянного тока электрифицированных железных дорог являются сложными нелинейными динамическими системами, поскольку включают в себя ряд мощных нелинейных устройств: главный понижающий трансформатор, тяговый трансформатор, инверторно-преобразовательный агрегат, сглаживающий реактор, два быстродействующих выключателя, подстанционный пассивный фильтр. Это позволяет утверждать, что практически невозможно построить точную (классическую, или имитационную) модель ТП. Поэтому со времен начала электрификации железных дорог и до настоящего времени как в отечественных, так и в зарубежных публикациях в качестве модели ТП принимают источник постоянного напряжения, последовательно соединенный с резистивным элементом, иногда добавляют индуктивность. Понятно, что участок R–L не может заменить указанные выше устройства. Во-вторых, в работах не обосновываются значения параметров R, L.

По нашему мнению, задачу построения модели ТП можно решить идентификационными методами, то есть, построением идентификационной модели, под которой понимается модель «вход–выход», основанная на известных входном и выходном процессах системы, полученных в условиях реальной ее эксплуатации. В настоящее время идентификационные модели применяют в виде «классических» форм: дифференциального или интегрального оператора, интегро-дифференциального уравнения, импульсной переходной (весовой) функции, передаточной или частотной функций и др. Наиболее часто в качестве идентификационной модели принимают весовую функцию, поскольку она является исчерпывающей характеристикой любой, а следовательно и электроэнергетической, системы.

Модель может быть создана для детерминированных (неслучайных) и случайных входных и выходных процессов. В случае стохастических процессов искомая весовая функция – результат решения интегрального уравнения Винера – Хопфа, что пока является сложной задачей. Поэтому в данной работе осуществлено построение модели для детерминированных входного (до ТП) и выходного напряжений.

Выражение мгновенного входного фазного напряжения (в узле присоединения 35 кВ) может быть записано как

$$u_{\text{л}}(t) = 35 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega_{\text{л}} t + \psi_{\text{и}}) = 49,35 \sin(314t + 53,8^\circ) \text{ кВ},$$

а в операторной (по Лапласу) форме –

$$U_{\text{л}}(\bar{p}) = \frac{49,35(p \sin 53,8^\circ + 314 \cos 53,8^\circ)}{p^2 + 314^2} \text{ кВ}.$$

Поскольку выпрямленное напряжение ТП не является неизменным, а колеблется с $f = 0,047$ Гц, тогда по аналогии и его мгновенная величина, в первом приближении, может быть представлена как

$$u_{\text{т}}(t) = 3,32 \cdot \sqrt{2} \sin \omega_{\text{т}} t = 4,68 \sin 314t \text{ кВ},$$

а в операторной –

$$U_{\text{т}}(\bar{p}) = \frac{4,68}{p^2 + 314^2}.$$

Поделив $U_{\text{т}}(\bar{p})$ на $U_{\text{л}}(\bar{p})$, получим передаточную функцию $H(\bar{p})$ тяговой подстанции по напряжению, обратное преобразование которой по Лапласу позволяет получить выражение искомой весовой функции как модели ТП в виде $h_U(t) = L^{-1} \{ H(\bar{p}) \} = 23,8 \exp \{ -250t \}$.

По нашему мнению, основная ценность весовой функции как исчерпывающей характеристики ТП – это возможность прогнозирования напряжения на шинах тяговой подстанции в зависимости от напряжения в узле присоединения 35 кВ.