

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»
(МИИТ)**

Кафедра «Электрификация и электроснабжение»

Автор: Е.В. Новиков

Задание и методические указания по выполнению контрольной
работы по дисциплине
«Электрические сети и энергосистемы»
для студентов 5 курса

Специальность: 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов»

Специализация: «Электроснабжение железных дорог»

Квалификация выпускника: специалист

Форма обучения: заочная

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Рассчитать параметры схемы замещения электропередачи, состоящей из двухцепной линии напряжением 110 кВ, питающей двухтрансформаторную районную подстанцию (ГПП). Определить мощность в начале линии и отклонение напряжения на шинах 10 кВ подстанции. Линия выполнена сталеалюминиевыми проводами.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1

Показатели	Вариант (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сечение проводов линии, мм ²	70	95	120	150	70	95	120	150	95	120
Мощность трансформатора, МВА	16	16	25	25	16	32	32	25	32	16
Мощность нагрузки на шинах 10 кВ, МВА	20	23	30	35	25	40	43	37	45	25

Таблица 2

Показатели	Вариант (последняя цифра учебного шифра)									
	85	95	105	115	75	80	90	100	110	120
Длина линии, км	85	95	105	115	75	80	90	100	110	120
Коэффициент мощности нагрузки	0,9 2	0,9 0	0,8 7	0,8 5	0,8 0	0,9 3	0,9 2	0,9 0	0,8 7	0,8 5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рекомендуется следующий порядок расчета:

- Составить схему замещения линии и трансформаторов.
- Определить значения сопротивлений и проводимостей и указать их численные значения на схеме.
- Определить мощность в начале линии.
- Определить отклонение напряжения на шинах 10 кВ подстанции без учета коэффициента трансформации трансформаторов.

1. Электрический расчет воздушной линии 110 кВ

Электрический расчет линии рекомендуется выполнять по П-образной схеме замещения, а трансформаторов — по Г-образной схеме.

Расчет ведется по звеньям схемы замещения с учетом емкостной проводимости линии и потерь мощности в линии и трансформаторах.

1.1. Определить мощность в начале расчетного звена трансформаторов. Мощность в начале расчетного звена трансформаторов определяется как сумма мощностей на шинах 10 кВ и потерь мощности в обмотках трансформаторов. Потери мощности в обмотках трансформаторов определяются как:

$$\Delta S_{об} = \frac{S_{гпп}^2}{U_H^2} (r_T + jx_T), \quad (1)$$

где r_T и x_T - активное и индуктивное сопротивления обмоток трансформаторов, Ом;

$S_{гпп}$ - мощность на шинах 10 кВ подстанции, МВА.

1.2. Определить мощность, подводимую к трансформаторам путем сложения мощности в начале расчетного звена трансформаторов с мощностью холостого хода

трансформаторов.

Следует отметить, что через проводимости трансформаторов протекает мощность холостого хода трансформаторов:

$$\Delta \dot{S}_{CT} = n \left(\Delta P_{CT} + j \frac{S_H I_0}{100} \right) \quad (2)$$

где n — число трансформаторов на подстанции;
 ΔP_{CT} — потери активной мощности в стали трансформатора, кВт;
 S_H — номинальная мощность трансформатора, кВА;
 I_0 — ток холостого хода трансформатора, %.

1.3. Определить мощность в конце линии передачи с учетом половины зарядной мощности линии:

$$\dot{S}_{Л2} = \dot{S}_{TP} - j \frac{Q}{2}, \quad (3)$$

где $\dot{S}_{Л2}$ — мощность в конце линии, МВА;
 \dot{S}_{TP} — мощность, подводимая к трансформаторам, МВА.

Через проводимость линии протекает ее зарядная емкостная мощность. Мвар

$$Q = U_H^2 b_0 L, \quad (4)$$

где U_H — номинальное напряжение линии, кВ;
 b_0 — удельная емкостная проводимость линии, См/км;
 L — длина линии, км.

1.4. Определить потери мощности в линии

$$\Delta \dot{S}_Л = \frac{S_{Л2}^2}{U_H^2} (r_Л + jx_Л), \quad (5)$$

где $r_Л$ и $x_Л$ — активное и индуктивное сопротивления линии, Ом;

1.5. Определить мощность в начале линии (в начале звена)

$$\dot{S}_{Л1} = \dot{S}_{Л2} + \Delta \dot{S}_Л. \quad (6)$$

Определить напряжение на первичной стороне трансформаторов ГПП. Напряжение на первичной стороне трансформаторов ГПП определяется как разность между напряжением на шинах районной подстанции, питающей линию, и падением напряжения в линии:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 - \frac{P_1 r_{л} + Q_1 x_{л}}{U_1} - j \frac{P_1 x_{л} - Q_1 r_{л}}{U_1}, \quad (7)$$

где U_1 — напряжение на шинах районной подстанции, кВ;
 P_1 — активная мощность в начале линии, МВт;
 Q_1 — реактивная мощность в начале линии, МВАр.

В расчетах следует принять, что для режима максимальных нагрузок напряжение на шинах районной подстанции на 5% выше номинального напряжения линии.

2. Расчет отклонения напряжения от номинального значения на шинах 10,5 кВ

Для расчета отклонения напряжения на шинах 10,5 кВ от номинального необходимо определить напряжение на шинах вторичного напряжения ГПП, приведенное к первичному (т.е. без учета коэффициента трансформации трансформаторов). Для этого можно воспользоваться формулой (7), подставив вместо параметров линии параметры трансформатора, а вместо значений величин с индексом 1 — значения напряжения и мощностей в начале расчетного звена трансформаторов в соответствии со схемой замещения.

$$\delta U = \frac{U - U_H}{U_H} 100\%. \quad (8)$$

На основании расчетов необходимо сделать вывод о возможности обеспечения требуемого уровня напряжения на шинах ГПП с помощью РПН установленных там трансформаторов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Электроснабжение нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Устройство, обслуживание, ремонт: Учебное пособие. Под ред. В.М. Долдина. М.: ГОУ Учебно-методический центр по образованию на ж.д.транспорте. - 2010.
2. Электроэнергетические системы и сети. Учебное пособие. Ковалев И.Н. М.: ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на ж.д.транспорте. 2012.
3. Справочник по проектированию электрических сетей. Файбисович Д.Л. НЦ ЭНАС, 2005 г., 320 с.
4. Расчёты нормальных и предельных по мощности установившихся режимов сложных энергосистем. Учебное пособие. Шелухина Т.И. М., МЭИ, 2005, 52 с.
5. Электротехнический справочник. Т. 3. Под ред. В.Г. Герасимова. М., МЭИ, 2002, 964 с.
6. Караев Р.И., Волобринский С.Д., Ковалев И.Н. Электрические сети и энергосистемы. — М.: Транспорт, 1988. — 326 с.
7. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. — М.; Энергоатомиздат, 1984. 472 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Технические данные трехфазных трансформаторов

Тип трансформатора	Номинальное напряжение обмоток, кВ		Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %	Потери короткого замыкания, кВт	Потери холостого хода, кВт
	ВН	НН				
ТДН-16000/110	110	11	10,5	0,75	85	24
ТРДН-25000/110	110	10,5	10,5	0,7	120	30
ТРДН-32000/110	110	10,5	10,5	0,7	145	40