

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СХЕМИ ПРИЄДНАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДО МЕРЕЖІ

Хлистов В.М., ст. викл., Фетисов І.О., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Передача електричної енергії від сонячної електростанції до електричної мережі неможлива без комплектних трансформаторних підстанцій (КТП). Правильний вибір трансформаторів, їх потужності суттєво впливають на надійність та економічність роботи СЕС в цілому.

Мета роботи. Розробити структурну схему електричної мережі СЕС. Провести розрахунок потужності трансформаторів СЕС. Перевірити чутливість трансформаторів струму.

Матеріали дослідження. В статті розглядається наземна сонячна електростанція потужністю 11 МВт, яка під'єднується до шин 35 кВ підстанції (ПС) району електричної мережі.

На рис.1 наведена структурна схема електричної мережі СЕС.

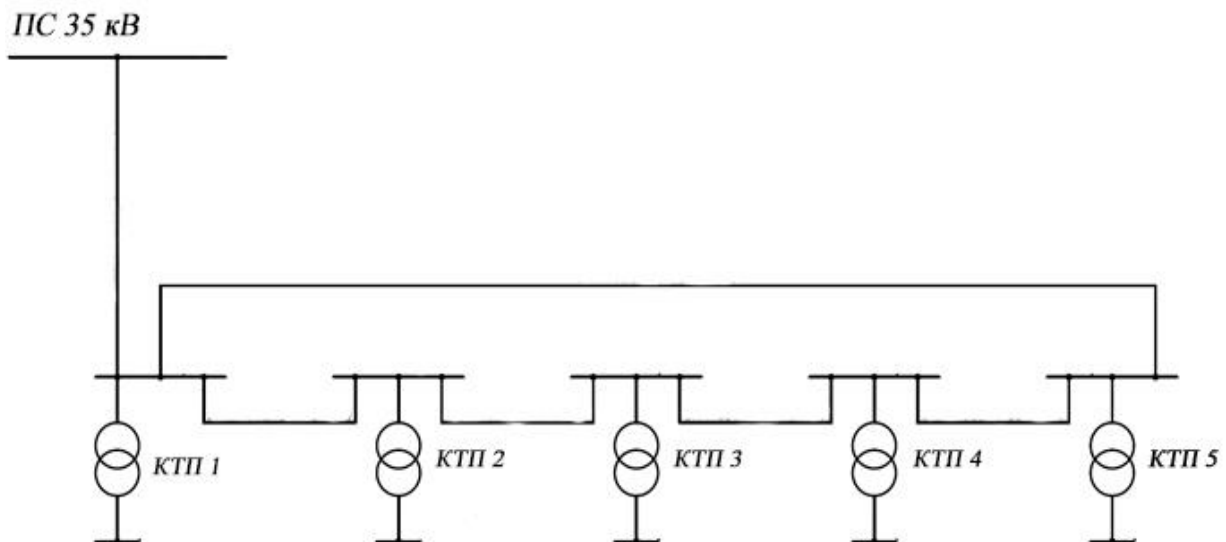


Рисунок 1 – Структурна схема електричної мережі СЕС

Структурна схема складається з підстанції 35 кВ, до якої підключені 5 комплектних трансформаторних підстанцій (КТП). КТП призначена для прийому, перетворення і розподілу електричної енергії трифазного змінного струму. Основними елементами КТП є силовий трансформатор, трансформатор струму та модулі розподільних пристроїв. До кожної КТП через інвертори під'єднуються суматори потужності постійного струму ДССВ для збору електроенергії зі стрінгів (88 одиниць), до яких підключаються фотоелектричні модулі потужністю 330 Вт – 38016 одиниць.

На першій КТП встановлений силовий трансформатор типу ТМ-1000/35/0.6 кВ, всі інші КТП обладнані трансформаторами типу ТМ-2500/35/0.6 кВ.

Між СЕС та ПС 35 кВ прокладається кабельна лінія. Кабелі, які використані для СЕС, були обрані за результатами електричних розрахунків і умов прокладання. Передбачається використання силових кабелів з алюмінієвими жилами типу АВВГ від інверторів до КТП, а також з мідними жилами типу ВВГ від стрінг-інвертора до ДССВ. Передбачено прокладання кабелів 35 кВ з алюмінієвими жилами з ізоляцією зі зшитого поліетилену типу АПвЭгаПу від КТП №1-1000кВА 35/0.6кВ, що знаходиться на території СЕС, до КТП №2-2500кВА 35/0.6кВ прохідного типу, а також від КТП №2 до КТП №3, від КТП №3 до КТП №4 та від КТП №4 до КТП №5.

1. Вибір потужності трансформаторів СЕС [1]

Потужність трансформатора вибирається за активною розрахунковою потужністю, при цьому враховується коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_p}{N \cdot \beta_T \cdot \cos \varphi}, \text{ кВА},$$

де $S_{\text{ном.т}}$ – повна номінальна розрахункова потужність трансформатора, кВА; P_p – розрахункова активна потужність, кВт; N – кількість трансформаторів КТП, шт.; β_T – коефіцієнт завантаження трансформатора. У відповідності до нормативної документації для споживачів III категорії надійності приймаємо $\beta_T = 0.9 - 0.95$; $\cos \varphi = 0.97$ – розрахунковий коефіцієнт потужності.

Визначаємо потужність силового трансформатора для КТП-1 (КТП-1000 35/0.6 кВ):

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{р. т.р}} = \frac{1000}{1 \cdot 0.95 \cdot 0.97} = 1085.2 \text{ кВА}$$

$$1000 \text{ кВА} < 1085.2 \text{ кВА}$$

Реальний коефіцієнт завантаження силового трансформатора визначаємо за формулою:

$$K_z = \frac{S_p}{S_{\text{ном.т.р}}};$$

S_p – повна розрахункова потужність трансформатора, кВА.

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi} = \frac{1000}{0.97} = 1030.9 \text{ кВА}; \quad K_z = \frac{1030.9}{1000} = 1.03 \%$$

Перевантаження становитиме 1% при температурі середовища 20°C в часи пік сонячної інсоляції, що задовольняє умовам експлуатації трансформаторів.

Висновок: Вибираємо силовий масляний трансформатор потужністю 1000 кВА типу ТМГ-1000/35/0.6кВ.

Визначаємо потужність силового трансформатора для КТП-2 (2500 Ква, 35/0.6 кВ):

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{2500}{1 \cdot 0.95 \cdot 0.97} = 2713 \text{ кВА}.$$

$$2500\text{кВА} < 2713\text{кВА}$$

Реальний коефіцієнт завантаження силового трансформатора визначаємо за формулою:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi} = \frac{2500}{0,97} = 2577 \text{ кВА}; \quad K_3 = \frac{2577}{2500} = 1.03; \%$$

Перевантаження становитиме 1% при зовнішній температурі 20 С° в часи пік сонячної інсоляції, що задовольняє умовам експлуатації трансформаторів.

Отже, вибираємо силовий масляний трансформатор потужністю 2500 кВА типу ТМГ-2500/35/0.6кВ.

Вибір потужностей трансформаторів для КТП – 3,4,5 провадиться аналогічно.

2. Перевірка за чутливістю трансформаторів струму

Перевірка за чутливістю трансформаторів струму 0.6 кВ [2], призначених для обліку потоків електроенергії, виконується відповідно до вимог п. 1.5.17 ПУЕ [3].

Робочим проектом передбачено встановлення трансформаторів струму ТШ-0,66 1000/5 класу точності 0.5S на стороні 0.6кВ в КТП№1 та ТАС102 2500/5 класу точності 0.5S на стороні 0.6кВ в КТП№2, КТП№3, КТП№4, КТП№5.

Навантаження лінії, на якій встановлені трансформатори струму, відповідає потужності інверторів, які підключені до КТП.

До шин 0.6кВ КТП-1 (КТП-1000/35/0.6 кВА) підключено 8 інверторів потужністю 125 кВт, тобто активна потужність, що підключена до даної КТП складає:

$$P_{\text{КТП}} = N_{\text{інв}} \cdot S_{\text{інв}} = 8 \text{ шт.} \cdot 125 = 1000 \text{ кВт}$$

Повну потужність КТП визначаємо з урахуванням коефіцієнта потужності інвертора (згідно паспортних даних на інвертор $\cos \varphi$ складає 0,97):

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi} = \frac{1000}{0,97} = 1030.9 \text{ кВА};$$

Знаходимо значення розрахункового струму для КТП-1000/35/0.6 кВ:

$$I_{\text{кмп}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1030.9}{\sqrt{3} \cdot 0,6} = 993.2 \text{ А}$$

Приймаємо до встановлення на КТП-1 трансформатори струму ТШ-0,66 1000/5 класу точності 0.5S.

До шин 0.6кВ КТП-2 (КТП-2500/35/0.6 кВА) підключено 20 інверторів потужністю по 125 кВт, тобто активна потужність, що підключена до даної КТП складає:

$$P_{\text{КТП}} = N_{\text{інв}} \cdot S_{\text{інв}} = 20 \text{ шт.} \cdot 125 = 2500 \text{ кВт}$$

Повну потужність КТП визначаємо з урахуванням коефіцієнта потужності інвертора (за паспортними даними інвертора $\cos\varphi$ складає 0,97):

$$S_P = \frac{P_p}{\cos\varphi} = \frac{2500}{0,97} = 2577,3 \text{ кВА}$$

Знаходимо значення розрахункового струму для КТП-2500/35/0.6 кВ:

$$I_{ktn} = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_{НОМ}} = \frac{2577,3}{\sqrt{3} \cdot 0,6} = 2843 \text{ А}$$

Приймаємо до встановлення на КТП-2 трансформатори струму ТАС102 2500/5 класу точності 0.5S.

Розрахунок трансформаторів струму для КТП № 3,4,5 аналогічний розрахунку для КТП №2.

Результати перевірки трансформаторів струму 0.6 кВ відповідно до вимог ПУЕ (п.1.5.17) зведені до табл. 1.

Таблиця 1 – Перевірка трансформаторів струму 0,6 кВ

№ ТС	Тип ТС	Режим навантаження	Iн, А	Кт	Iроз. А	Струм лічильника			Умови відповідності		
						100% Iн	20% Iн	1% Iн			
КТП-1	0,5S, 1000/5	100%	993,2	200	4,9	5	1	-	5>	4,9	>1
		25%	248,3		1,24	-	-	0,05		1,24	>0,05
КТП-2,3,4,5	0,5S, 2500/5	100%	2483	500	4,9	5	1	-	5>	4,9	>1
		25%	620,75		1,24	-	-	0,05		1,24	>0,05

Отже, коефіцієнти трансформації трансформаторів струму 0.6 кВ та їх класи точності відповідають вимогам ПУЕ [3].

Висновки. В роботі відповідно до норм ПУЕ були виконані розрахунки з вибору потужності трансформаторів СЕС. В результаті розрахунків було обрано один масляний трансформатор типу ТМГ-1000/35/0.6кВ та чотири трансформатори типу ТМГ-2500/35/0.6кВ. Також були проведені розрахунки для перевірки за чутливістю трансформаторів струму ТШ-0,66 100/5 та ТАС102 2500/5 класів точності 0,5S, які підтвердили відповідність обраних трансформаторів струму вимогам ПУЕ. Методики розрахунків автоматизовані і можуть бути корисними в навчальному процесі.

Перелік посилань

1. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие/А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006 – 248 с.
2. Основы автоматики энергосистем / М.А. Беркович, А.Н. Комаров, В.А. Семенов, 1981г. – 427с.
3. Правила улаштування електроустановок. – Х.: «Національна енергетична компанія «Укренерго», 2017р. -617 с.