

Практическое занятие 2. Баланс электрической энергии на подстанции

Задание

- Изучить материал настоящих методических указаний,
- Ответить на поставленные вопросы
- Рассчитать потери в подстанционной электрической сети
- Составить акт баланса электрической энергии.
- Сопоставить фактический и допустимый небалансы и сделать соответствующие выводы.

Исходные данные

Данные о схеме подстанции, схеме учета электрической энергии и показаниям счетчиков выдаются преподавателем.

Результаты работы оформить в электронном виде в виде текстового файла (Word) и/или файла электронной таблицы (Excel) в табличной форме и передать преподавателю. В начале файла указать все необходимые при оформлении студенческой учебной работы атрибуты (Министерство, Вуз, кафедра, дисциплина и т.д.).

Учет электрической энергии на подстанции электрической сети

На подстанциях электрических сетей ежемесячно составляется баланс и оформляется акт поступления и отпуска электроэнергии по показаниям счетчиков на 24.00 ч местного времени последних суток отчетного месяца, снятым персоналом подстанции.

В баланс должны включаться следующие составляющие (учетные показатели):

- прием электроэнергии на шины подстанции $W_{\text{п}}$;
- отдачу электроэнергии в сеть или другим собственникам $W_{\text{о}}$;
- отпуск электроэнергии потребителям $W_{\text{пот}}$;
- расход электроэнергии на собственные $W_{\text{с.н}}$ и хозяйственные нужды $W_{\text{х.н}}$ подстанции и производственные нужды $W_{\text{п.н}}$.
- потери электроэнергии в силовых трансформаторах, компенсирующих устройствах и РУ подстанции $\Delta W_{\text{эс}}$. (потери в подстанционной электрической сети)

Все составляющие баланса, кроме потерь электроэнергии в силовых трансформаторах, должны быть измерены счетчиками расчетного и технического учета. Потери электроэнергии в оборудовании подстанционной электрической сети следует определять расчетным путем.

Значение фактического небаланса $\text{НБ}_{\text{ф}}$ определяется по выражению:

$$\text{НБ}_{\text{ф}} = \frac{W_{\text{п}} - W_{\text{о}} - W_{\text{пот}} - W_{\text{с.н}} - W_{\text{х.н}} - W_{\text{п.н}} - \Delta W_{\text{эс}}}{W_{\text{п}}} 100\%. \quad (1)$$

Полученное значение фактического небаланса следует сравнить со значением допустимого небаланса. Значение допустимого небаланса определяется по формуле:

$$\text{НБ}_{\text{д}} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^k \delta_{\text{п}i}^2 d_{\text{п}i}^2 + \sum_{i=1}^m \delta_{\text{о}i}^2 d_{\text{о}i}^2}, \quad (2)$$

где $\delta_{\text{п}i}$ ($\delta_{\text{о}i}$) – суммарная относительная погрешность i -го ИК, состоящего из ТН, ТТ и счетчика, измеряющего поступившую (отпущенную) электроэнергию, %;

$d_{\text{п}i}$ ($d_{\text{о}i}$) – доля электроэнергии, поступившей (отпущенной) через i -й ИК;

k – число ИК, измеряющих электроэнергию, поступившую (отпущенную) на шины (с шин) подстанции;

Предел допустимой относительной погрешности i -го ИК определяется по формуле:

Если значение фактического небаланса превышает его допустимое значение, персоналу подстанции необходимо выявить причины этого и принять меры по их устранению. Оформленный акт с результатами составления баланса электроэнергии по подстанции используется в дальнейшем для сведения баланса по сетевым организациям, АО-энерго в целом, МРСК, ФСК «ЕЭС РФ».

Форма

о составлении баланса электрической энергии на подстанции

(наименование подстанции)

Основание: Приказ от _____ № _____

Комиссия в составе:

Председатель _____

Члены

Настоящий акт составлен в том, что за _____ месяц 20__ г. прием, от-
дача, отпуск с шин подстанции, потребление на собственные, хозяйственные и производ-
ственные нужды следующие:

Номера счетчиков	Наимено- вание объектов учета	Показания счетчиков		Разность показаний счетчиков за месяц	Коэффи- циент счетчиков	Количе- ство ЭЭ, учтенной счетчиком, тыс. кВт·ч	Примеча- ние
		На 0 часов 1-го числа текущего месяца	На 0 часов 1-го числа истекшего месяца				
I. Прием электрической энергии							
Всего по разделу I							
II. Расход на собственные нужды							
Всего по разделу II							
III. Расход на хозяйственные нужды							

Всего по разделу III							
IV. Расход на производственные нужды							
Всего по разделу IV							
V. Отпуск потребителям							
Всего по разделу V							
VI. Отдача электрической энергии							
Всего по разделу VI							
VII. Потери электрической энергии в подстанционной сети							
№ п.п.	Составляющие потерь электрической энергии					ΔW, тыс. кВт·ч	Примечание
1	Нагрузочные потери в силовых трансформаторах						
2	Потери холостого хода силовых трансформаторов						
3	Потери в компенсирующих устройствах						
4	Потери в вентильных разрядниках и ОПН						
5	Потери в соединительных проводах и сборных шинах						
6	Потери в измерительных трансформаторах и счетчиках электрической энергии прямого включения						
7	Другое						
Всего по разделу VII							

VIII Допустимый небаланс (формула (2)) _____, %

IX Баланс электроэнергии на подстанции:

1. Поступило на шины всего (I) _____
2. Отдача с шин ПС другим АО и смежным СО (VI) _____
3. Отпуск в сеть подстанции (I – II) _____
4. Собственные нужды и потери на подстанции, всего (II + VII) _____
5. Отпуск электроэнергии потребителям (III + IV + V) _____
6. Фактический небаланс (формула (1)) _____ тыс. кВт·ч _____, %

Фактический небаланс на подстанции превышает (не превышает) допустимый небаланс электроэнергии (нужное подчеркнуть).

Председатель комиссии _____

Члены комиссии _____

Представитель энергонадзора _____

Расчет потерь в подстанционной электрической сети

Потери электрической энергии на подстанции включают в себя:

- Нагрузочные потери в силовых трансформаторах
- Потери холостого хода силовых трансформаторов

- Потери в компенсирующих устройствах
- Потери в вентильных разрядниках и ОПН
- Потери в соединительных проводах и сборных шинах
- Потери в измерительных трансформаторах и счетчиках электрической энергии

прямого включения

- Расход электроэнергии на плавку гололеда на ВЛ и потери на корону.

Нагрузочные потери в силовых трансформаторах

Нагрузочные потери в силовых трансформаторах вычисляют по переданной по ним за месячный интервал времени электрической энергии. Расчет ведется по каждому трансформатору отдельно и затем результаты суммируются.

Используется метод средних нагрузок.

Вычисляется средняя мощность нагрузки трансформатора за месяц, активная и реактивная

$$P_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{т.м.}}}{T_{\text{м}}}, Q_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{р.т.м.}}}{T_{\text{м}}}, \quad (4)$$

где $W_{\text{т.м.}}$ – электроэнергия, переданная через трансформатор за время $T_{\text{м}}$;

$W_{\text{р.т.м.}}$ – реактивная энергия, переданная через трансформатор за время $T_{\text{м}}$;

$T_{\text{м}}$ – число часов в расчетном месяце.

Если реактивная энергия не измеряется, ее расчет делается по усредненному коэффициенту реактивной мощности.

Потери электрической энергии в трансформаторе рассчитываются по формуле:

$$\Delta W_{\text{т}} = k_{\text{ф}}^2 \Delta P_{\text{ср.н}} T_{\text{м}} = k_{\text{ф}}^2 \frac{P_{\text{ср}}^2 + Q_{\text{ср}}^2}{U_{\text{ном}}^2} R_{\text{т}} T_{\text{м}}, \quad (5)$$

где $k_{\text{ф}}^2$ – коэффициент формы месячного графика полного тока или полной мощности;

$R_{\text{т}}$ – активное сопротивление обмоток трансформатора;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение обмотки высокого напряжения трансформатора.

Квадрат коэффициента формы при отсутствии данных о графике нагрузки принимают равным 1,333, что соответствует коэффициенту плотности графика нагрузки 0,5.

Для трехобмоточных трансформаторов, автотрансформаторов и трансформаторов с расщепленной обмоткой низкого напряжения потери электрической энергии рассчитываются для каждой из обмоток отдельно.

Потери холостого хода в силовых трансформаторах

Потери электрической энергии на холостой ход силовых трансформаторов за месячный интервал времени обычно определяются как

$$\Delta W_{\text{х}} = \Delta P_{\text{х}} T_{\text{р}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{р}}$ – число часов работы трансформаторов (автотрансформаторов) в расчетном месяце;

$\Delta P_{\text{х}}$ – суммарные потери активной мощности холостого хода всех силовых трансформаторов.

Потери в компенсирующих устройствах

Потери электроэнергии в синхронном компенсаторе (СК) или генераторе, переведенном в режим СК, определяются по формуле:

$$\Delta W_{\text{СК}} = (0,4 + 0,1\beta_Q^2) \Delta P_{\text{ном}} \cdot T_p, \quad (7)$$

где β_Q – коэффициент максимальной нагрузки СК в истекшем периоде;

$\Delta P_{\text{ном}}$ – потери мощности в режиме номинальной загрузки СК в соответствии с паспортными данными.

Допускается определять потери в СК на основе данных таблицы 1.

Таблица 1

Потери электроэнергии, тыс. кВт·ч в год, при номинальной мощности СК, МВ·А

$S_{\text{СК,ном}}$	5	7,5	10	15	30	50	100	160	320
$\Delta W_{\text{СК}}$	400	540	675	970	1570	2160	3645	4725	10260

Потери электроэнергии в статических компенсирующих устройствах – батареях статических конденсаторов (БК) и статических тиристорных компенсаторах (СТК) – определяются по формуле:

$$\Delta W_{\text{КУ}} = \delta P_{\text{КУ}} S_{\text{КУ}} T_p, \quad (8)$$

где $\delta P_{\text{КУ}}$ – удельные потери мощности в соответствии с паспортными данными КУ;

$S_{\text{КУ}}$ – мощность КУ (для СТК принимается по емкостной составляющей), квар.

При отсутствии паспортных данных оборудования значение $\delta P_{\text{КУ}}$ принимается равным: для БК – 0,003 кВт/квар, для СТК – 0,006 кВт/квар.

Потери в соединительных проводах и сборных шинах распределительных устройств подстанций

Потери электроэнергии в соединительных проводах и сборных шинах распределительных устройств подстанций (СППС) определяются на основе данных табл. 2.

Таблица 2

Удельные потери электроэнергии в СППС, тыс. кВт·ч на ПС в год, при напряжении, кВ

$U_{\text{ном}}$	35	60	110	154	220	330	500	750-1150
$\Delta W_{\text{СППС}}$	3	6	11	18	31	99	415	737

Потери электроэнергии в соединительных проводах и сборных шинах распределительных устройств ТП 6-20/0,4 кВ не рассчитываются.

Потери в вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжения, устройств присоединения ВЧ-связи

Потери электроэнергии в вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжений, устройствах присоединения ВЧ связи принимаются в соответствии с данными заводов-изготовителей оборудования. При отсутствии данных завода-изготовителя расчетные потери принимаются в соответствии с табл. 3.

Таблица 3

Потери электроэнергии в вентильных разрядниках (РВ), ограничителях перенапряжения (ОПН), трансформаторах тока (ТТ), трансформаторах напряжения (ТН) и устройств присоединения ВЧ-связи (УПВЧ)

Класс напряжения, кВ	Потери электроэнергии, тыс. кВт·ч в год, по видам оборудования				
	РВ	ОПН	ТТ	ТН	УПВЧ
6	0,009	0,001	0,06	1,54	0,01
10	0,021	0,001	0,1	1,9	0,01
15	0,033	0,002	0,15	2,35	0,01
20	0,047	0,004	0,2	2,7	0,02
35	0,091	0,013	0,4	3,6	0,02
110	0,60	0,22	1,1	11,0	0,22
154	1,05	0,40	1,5	11,8	0,30
220	1,59	0,74	2,2	13,1	0,43

330	3,32	1,80	3,3	18,4	2,12
500	4,93	3,94	5,0	28,9	3,24
750	4,31	8,54	7,5	58,8	4,93

П р и м е ч а н и я. Потери электроэнергии в УПВЧ даны на одну фазу, для остального оборудования – на три фазы.

Провода ВЛ электропередачи используются для передачи сигналов высокочастотной (ВЧ) связи. Устройства ВЧ связи состоят из заградителей, включенных в рассечку линии, конденсатора связи и фильтра присоединения. ВЧ заградитель – это реактор с небольшим активным сопротивлением. Потери в нем зависят от тока нагрузки и могут быть отнесены к нагрузочным потерям. Аппаратура связи получает сигналы через конденсатор связи и фильтр присоединения, подключаемых к фазному проводу. Эти устройства, называемые устройствами присоединения ВЧ связи, присоединяются поперечно, т.е. между фазой и землей. В отличие от потерь в заградителях, потери в УПВЧ практически постоянные. Подавляющая их часть приходится на конденсатор связи. Годовой расход электроэнергии в нем определяют по формуле:

$$\Delta W_{\text{КС}} = 8760 U_{\text{ф}}^2 b_{\text{C}} \text{tg} \delta, \quad (9)$$

где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение ВЛ; $b_{\text{C}} = 2\pi f C$ – емкостная проводимость конденсатора связи; $f = 50$ Гц; C – емкость конденсатора, Ф; $\text{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь, принимаемый равным 0,003.

Потери электрической энергии в измерительных трансформаторах и счетчиках прямого включения

Потери в измерительных трансформаторах тока и напряжения принимаются в соответствии с данными заводов-изготовителей, а при отсутствии таких данных – по табл. 3. Потери в трех однофазных ТН принимаются равными потерям в одном трехфазном ТН.

Потери электроэнергии в ТТ напряжением 0,4 кВ принимаются равными 0,05 тыс. кВт·ч/год на одну фазу.

Потери электроэнергии в ТТ и ТН включают потери в счетчиках, входящих в состав измерительных комплексов.

Потери электроэнергии в электрических счетчиках прямого включения 0,22–0,66 кВ принимаются в соответствии со следующими данными, кВт·ч в год на один счетчик:

- однофазный, индукционный – 18,4;
- трехфазный, индукционный – 92,0;
- однофазный, электронный – 21,9;
- трехфазный, электронный – 73,6.

Вопросы по теоретической части занятия

1. Пояснить откуда получаются составляющие баланса электрической энергии на подстанции
2. Что необходимо знать для оценки фактического небаланса?
3. Что необходимо знать для оценки допустимого небаланса?
4. Что следует предпринять, если фактический небаланс оказался больше допустимого?
5. Как рассчитываются потери электрической энергии в силовых трансформаторах?
6. Как рассчитываются потери электрической энергии в компенсирующих устройствах, разрядниках, ОПН, ошиновке РУ, измерительных трансформаторах, счетчиках электрической энергии подстанции?