

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ВЫБОРА МОЩНОСТИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Я. Пасканый

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель А. Г. Ус

Приемники электрической энергии переменного тока, широко применяемые на промышленных предприятиях (в том числе электродвигатели, трансформаторы, преобразовательные устройства, газоразрядные лампы и др.) вместе с активной энергией потребляют из сети и реактивную энергию, которая необходима для создания переменного электромагнитного поля. Вызванные этим потоки реактивной мощности в электрических сетях предприятий приводят к дополнительным, не вызванным потребностями производства потерям активной энергии в линиях и трансформаторах и в ряде случаев могут вызывать недопустимые отклонения напряжения у потребителей.

Из-за некачественного напряжения снижается производительность электротермических установок, электротехнологических установок с вентильными преобразователями, осветительных установок, нарушаются режимы работы систем управления технологическими процессами, релейной защиты, автоматики.

Передача реактивной мощности по электрическим сетям вызывает их дополнительный нагрев, из-за которого происходит преждевременное старение изоляции электрооборудования, сокращается срок его службы.

В целях уменьшения потребления реактивной энергии из сети, а вместе с тем снижения нагрева распределительных кабельных линий, трансформаторов и, как следствие, повышения их эксплуатационной надежности и увеличения сроков службы, в сетях 0,4 кВ (в нагрузочных узлах) рекомендуется устанавливать батареи статических конденсаторов (БСК).

Применение БСК позволяет разгрузить собственные электрические сети предприятий по реактивной мощности, свести к минимуму потребление реактивной энергии из внешней сети.

На предприятиях, находящихся в эксплуатации продолжительное время, потребление реактивной мощности зачастую изменяется. Для выбора мощности компенсирующих устройств на таких предприятиях целесообразно принять критерий минимума потерь электроэнергии.

Исходной информацией для работы программы являются:

- данные об источнике питания;
- параметры линейных участков сети;

- параметры трансформаторов;
- параметры нагрузки.

К данным об источнике питания относится напряжение источника питания ($U_{ип}$).

Линия электропередачи характеризуется погонным активным и реактивным сопротивлением (R_0, X_0) и длиной линии (L).

Силовые трансформаторы обладают такими параметрами, как номинальная мощность трансформатора ($S_{ном}$), номинальное высокое и низкое напряжения ($U_{вн}, U_{нн}$), активное и реактивное сопротивления (R, X), потери холостого хода ($\Delta P_{хх}, \Delta Q_{хх}$).

Нагрузка характеризуется номинальным напряжением ($U_{ном}$), фактическими активными и реактивными мощностями (P, Q).

На рис. 1 показан интерфейс ввода исходных данных об источниках питания, силовых трансформаторах, линиях электропередачи и параметров участков сети.

Расчет

Источники питания

| Наименование | Напряжение, кВ |
|--------------|----------------|
| ГПП | 6 |

Провода

| Марка | Активное сопротивление, Ом / км | Реактивное сопротивление, Ом / км | Допустимый ток, А |
|---------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| АСБ-150 | 0.204 | 0.077 | 275 |
| ААШВ-95 | 0.354 | 0.084 | 204 |
| ААШВ-70 | 0.427 | 0.089 | 187 |

Трансформаторы

| Тип | Мощность, кВт | Напряжение к.з., % | Потери к.з., кВт | Потери х.х., кВт | Ток х.х., % |
|----------|---------------|--------------------|------------------|------------------|-------------|
| ТМЗ-1000 | 1000 | 5.87 | 11.2 | 3 | 2.5 |
| ТМС-1600 | 1600 | 5.5 | 16 | 4 | 2.5 |

Ввести исходные данные

Исходные данные

| Начало участка | Конец участка | Марка провода | Длина линии | Тип трансформатора | Втор. напряжение трансформатора | Активная нагрузка | Реальная нагрузка |
|----------------|---------------|---------------|-------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| ГПП | ТП-1 | АСБ-150 | 2.3 | | | | |
| ТП-1 | ТП-1 С1 | | | ТМЗ-1000 | 0.4 | 540 | 215 |

Расчитать

Рис. 1. Интерфейс ввода исходных данных и параметров участков сети

После ввода данных об источниках питания, силовых трансформаторах и линиях электропередачи переходим к описанию участков схемы. При нажатии на кнопку «Ввести исходные данные» открывается таблица, где вводятся параметры участков сети.

К параметрам участка сети относятся:

- начало участка;
- конец участка;
- марка провода;
- длина линии;

- тип трансформатора;
- вторичное напряжение трансформатора;
- активная нагрузка;
- реактивная нагрузка.

Активная и реактивная нагрузки вводятся на основе замеров этих величин на реально существующих трансформаторных подстанциях, и вводятся в программу только в трансформаторные участки сети.

Основная сложность разработки программы заключается в том, что информация об участках сети вводится в произвольном порядке, а нагрузки трансформаторов необходимо разложить в строгом соответствии со схемой сети. Для этого в программе будет применен метод вторых адресных отображений.

Смысл метода вторых адресных отображений состоит в том, что в начале программным путем строится специальный массив (массив вторых адресных отображений), который отображает взаимосвязи между отдельными участками схемы сети.

Когда массив вторых адресных отображений сформирован, программа приступает к расчету мощностей, протекающих по участкам сети в исходном режиме, используя связи в массиве.

После завершения расчета потокораспределения рассчитываются потери активной мощности и годовые потери электроэнергии из-за протекания по участкам сети реактивной мощности.

Потери активной мощности в трансформаторных и линейных участках сети от передачи по ним активной и реактивной составляющих мощности рассчитываются по следующим формулам:

$$\Delta P_p = \frac{P_i^2}{U^2} R_i; \quad (1)$$

$$\Delta P_Q = \frac{Q_i^2}{U^2} R_i, \quad (2)$$

где ΔP_p – потери активной мощности в трансформаторе (линии) от передачи активной мощности; ΔP_Q – потери активной мощности в трансформаторе (линии) от передачи реактивной мощности; P_i и Q_i – соответственно, потоки активной и реактивной мощностей через трансформатор (линию) i -го участка сети; U – напряжение обмотки ВН трансформатора (линии); R_i – активное сопротивление трансформатора (линии) i -го участка сети.

Годовые потери электроэнергии в сети от передачи по ним активной и реактивной составляющих мощности рассчитываются по следующей формуле:

$$\Delta W_{\text{год}} = \Delta P_Q \tau, \quad (3)$$

где $\Delta W_{\text{год}}$ – потери активной мощности от передачи реактивной мощности, кВт; τ – время максимальных потерь, ч.

Время максимальных потерь определим по эмпирической формуле:

$$\tau = (0,24 + T_{\text{max}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \quad (4)$$

где T_{\max} – время использования максимума нагрузки.

Далее программа подбирает значение мощности БСК, чтобы минимизировать потери активной мощности в трансформаторе (линии) от передачи реактивной мощности.

Когда определены значения мощностей БСК для всех трансформаторных участков сети, программа пересчитывает потокораспределение мощностей, потери активной мощности и годовые потери электроэнергии из-за протекания по участкам сети реактивной мощности.