

УДК 621.311

**КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ. ВЛИЯНИЕ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛА-
ВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ НА КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ**
**VOLTAGE FLUCTUATIONS. INFLUENCE OF ELECTRIC ARC FURNACES
ON VOLTAGE FLUCTUATIONS**

В. В. Ласица

Научный руководитель – И. В. Колосова, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

kolosova@bntu.by

V. Lasitsa

Supervisor – I. Kolosova, Senior Lecturer

Belarussian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в данной статье дано понятие о колебаниях напряжения, причин их возникновения, а также их характеристик. Также рассмотрено влияние дуговых сталеплавильных печей на колебания напряжения и способы снижения колебаний от них.*

***Abstract:** this article provides the concept of voltage fluctuations, the reasons for their occurrence, as well as their characteristics. Also considered the effect of arc steel-smelting furnaces on voltage fluctuations and ways to reduce oscillations from them.*

***Ключевые слова:** качество электроэнергии, колебания напряжения, фликер, дуговая сталеплавильная печь, мощность короткого замыкания.*

***Keywords:** electricity quality, voltage fluctuations, flicker, arc steel-smelting furnace, short circuit power.*

Введение

Проблема качества электроэнергии становится все более актуальной в связи с ростом мощностей отдельных электроприемников (ЭП), в частности имеющих резкопеременный характер нагрузки, появлением большого количества ЭП с нелинейной вольтамперной характеристикой, а также появлением ЭП, чувствительных к ухудшению качества электроэнергии. Из-за некачественной электроэнергии, а также из-за возможных проблем с качеством электроэнергии может наблюдаться ущерб следующего характера: увеличение потерь электроэнергии, преждевременное старение изоляции электрооборудования, увеличение затрат на эксплуатацию, ложное срабатывание релейной защиты и автоматики и т. д.

Одним из контролируемых параметров качества электроэнергии являются быстрые изменения напряжения, т. е. колебания напряжения. Наиболее частыми виновниками ухудшения напряжения являются дуговые сталеплавильные печи (ДСП).

Основная часть

Колебания напряжения относятся к быстрым изменениям напряжения продолжительностью менее одной минуты, численно характеризующееся кратковременной P_{st} и длительной P_{lt} дозами фликера. Под фликером понимаются колебания светового потока, а под дозой фликера – мера восприятия человеком

колебаний светового потока. Согласно ГОСТ32144-2013 предельно допустимые нормы кратковременной дозы фликера составляет $P_{st} = 1,38$, а для длительной дозы фликера – $P_{lt} = 1$. Кратковременная доза фликера P_{st} рассчитывается за 10 минут, длительная доза фликера P_{lt} – за 2 часа. Колебания напряжения приводят к изменениям светового потока, что негативно сказывается на здоровье и утомляемости человека.

Причиной возникновения колебаний напряжения является резкопеременный характер нагрузки. В меньшей степени на колебания напряжения оказывают влияние бытовые ЭП. Также колебания напряжения сказываются на работе электрооборудования и на технологическом процессе в целом. Колебания могут привести к выходу из строя конденсаторов, а также аппаратов, где они содержатся; выходу из строя пускорегулирующей аппаратуры газоразрядных ламп и их погасанию; вибрациям или отпаданию якоря у магнитных пускателей и т. д. Как было сказано выше, ДСП очень сильно влияют на колебания напряжения. Колебания от них условно делятся на постоянные и переменные. Постоянные колебания обусловлены дрожанием электродов и изменением проводимости среды, возникающих при плавке металлов. Переменные колебания возникают из-за обвала шихты, растягиваний и погасаний электрической дуги, из-за притягивания электрической дуги к стенам ДСП. Особенность ДСП состоит еще в том, что процесс расплавки под каждым электродом может отличаться, соответственно, колебания по фазам также могут отличаться.

Принято считать, что при работе n одинаковых ДСП в режиме расплава, колебания напряжения будут в допустимых пределах, если выполняется следующее условие:

$$\frac{\sqrt[4]{n} \cdot S_{\text{НОМ.П}}}{S_{\text{КЗ}}} \leq 0,01, \quad (1)$$

где $S_{\text{НОМ.П}}$ – мощность питающего трансформатора печи, МВ·А;

$S_{\text{КЗ}}$ – мощность короткого замыкания, МВ·А.

Если печи разной мощности, то должно выполняться следующее условие:

$$S_{\text{НОМ.П}}^{\text{max}} \sqrt[4]{\frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{НОМ.П}i}}{S_{\text{НОМ.П}}^{\text{max}}}} \leq 0,01, \quad (2)$$

где $S_{\text{НОМ.П}}^{\text{max}}$ – максимальная мощность печного трансформатора ДСП, МВ·А.

Мощность короткого замыкания находится по формуле:

$$S_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{Z}, \quad (3)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети в точке, в которой проверяются колебания напряжения;

Z – полное сопротивление элементов от источника питания до рассматриваемой точки.

Если условие (1) и (2) не выполняются, то колебания напряжения от ДСП можно снизить:

- 1) увеличением мощности трансформатора главной понизительной подстанции (ГПП);
- 2) подключением ДСП к точке с большей мощностью короткого замыкания;
- 3) питанием потребителей и ДСП от разных секций шин ГПП или распределительного пункта (РП);
- 4) применение статических источников реактивной мощности.

Выполнение первого условия обусловлено тем фактом, что чем выше мощность трансформатора, тем ниже его сопротивление. Более низкое сопротивление приводит к увеличению мощности короткого замыкания. Данный способ не является рациональным, так как увеличение мощности трансформатора приводит к снижению коэффициента его загрузки, что приводит к негативным последствиям.

Второй способ может быть реализован так, как изображено на рис. 1.

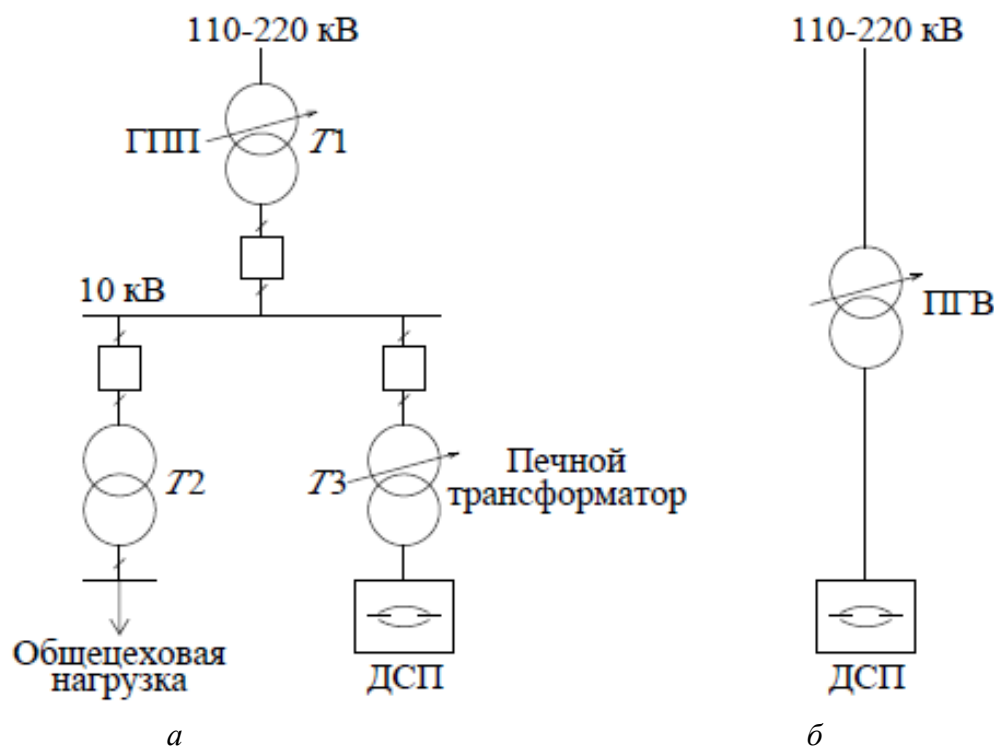


Рисунок 1 – схема питания ДСП от общих шин

На рис. 1, а ДСП питается от шин ГПП 10 кВ, а на рис. 1, б – подстанцию глубокого ввода с напряжением на высокой стороне 110–220 кВ. Из этого следует, что при питании ДСП от ПГВ с высшим напряжением 110–220 кВ имеет место большее значение мощности короткого замыкания вследствие более высокого напряжения в отличие при питании ДСП от шин ПГВ напряжением 10 кВ.

Третий способ может быть реализован так, как изображено на рис. 2. Так как ДСП и спокойная нагрузка питаются от шин разных трансформаторов, то колебания от ДСП не передаются в ветвь, питающую потребителей, имеющих спокойный характер нагрузки.

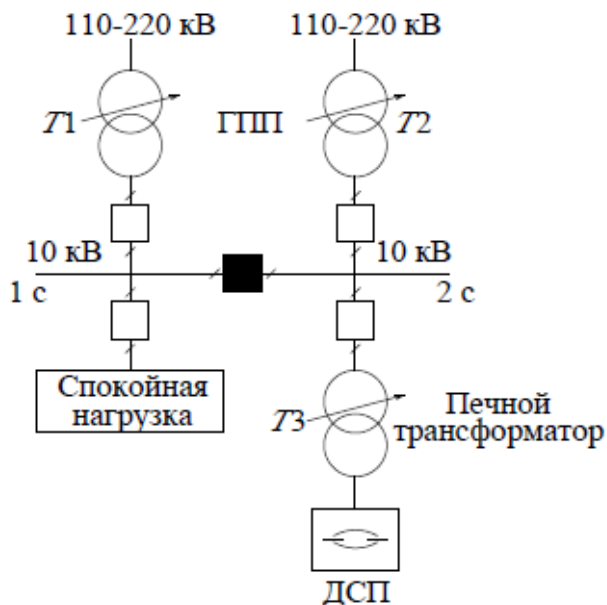


Рисунок 2 – схема питания потребителей с выделением электрических нагрузок

Четвертый способ основан по выполнению мероприятий по компенсации реактивной мощности. При этом необходимо учитывать, что при работе ДСП скорость изменения реактивной нагрузки может доходить до 200–500 Мвар/с. Реализация данного способа представлена на рис. 3.

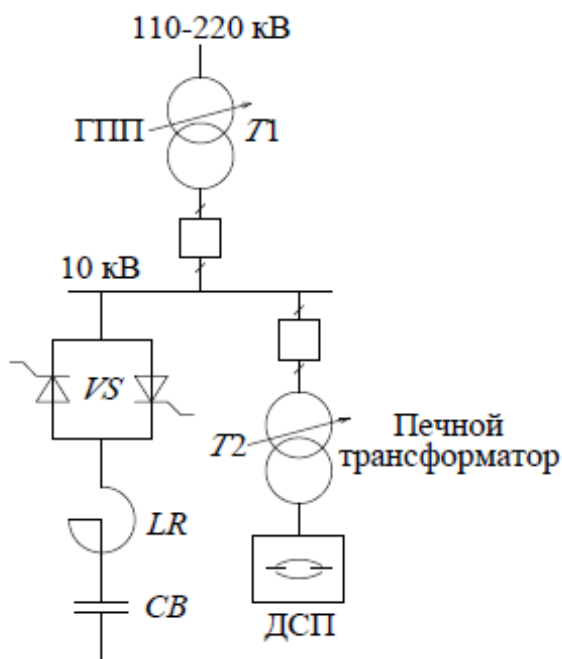


Рисунок 3 – схема питания ДСП с подключением к шинам ГПП статических источников реактивной мощности

Статические источники реактивной мощности представляют собой конденсаторные батареи с тиристорным управлением, а при необходимости плавного регулирования выдаваемой реактивной мощности в их состав входит реактор. Статические источники реактивной мощности могут регулировать выдаваемую реактивную мощность по каждой фазе в отдельности, они быстродействующие, занимают мало места и менее требовательны к обслуживанию. В состав статических источников реактивной мощности входит блок управления. Блок управления должен не только анализировать текущее потребление реактивной мощности, но также прогнозировать ее будущее значение.

Заключение

Проанализировав способы снижения колебаний напряжения, можно сделать вывод о том, что наиболее рациональным способом снижения колебаний напряжения от ДСП является способ отдельного питания ДСП и других нагрузок от разных секций шин ГПП. Также рациональным может быть применение статических источников реактивной мощности, так как они помимо снижения колебаний напряжения способствуют уменьшению реактивной мощностью, потребляемой ДСП и другими ЭП.

Литература

1. Влияние дуговых сталеплавильных печей на работу электрооборудования [электронный ресурс] / влияние дуговых сталеплавильных печей на работу электрооборудования. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dugovyh-staleplavilnyh-pechey-na-raboty-elektrooborudovaniya/>. – Дата доступа 13.04.2022.
2. Показатели качества электроэнергии в сталеплавильном производстве [электронный ресурс]-/ показатели качества электроэнергии в сталеплавильном производстве. – Режим доступа: http://www.researchgate.net/publication/341216358_Pokazateli_kacestva_elektroenergii_v_staleplavilnom_proizvodstve/ – Дата доступа 13.04.2022.