

### Тема 3.3 «Газообразные диэлектрики»

Преимуществом газов перед остальными диэлектриками является высокое удельное сопротивление, малый тангенс угла диэлектрических потерь, малая (близкая к единице) диэлектрическая проницаемость. Наиболее важным свойством газов является их способность восстановить электрическую прочность после разряда.

Основным недостатком газообразной электрической изоляции является низкая электрическая прочность, однако в ряде случаев этот недостаток не имеет значения.

В качестве газообразных диэлектриков применяют:

1) *Воздух* – смесь состоящая из азота  $N_2$  (78,03%), кислорода  $O_2$  (20,93%), углекислого газа  $CO_2$  (0,03%) и инертных газов (0,1%). Электрическая прочность воздуха условно принимается равной единице:  $E_{пр.в} = 1$ . Воздух является основным изолирующим материалом в воздушных конденсаторах, на участках воздушных линий электропередач. Но чаще всего он является вспомогательным диэлектриком, окружающим детали и узлы.

2) *Азот  $N_2$*  – бесцветный газ, не имеющий запаха, инертен; при комнатной температуре реагирует только с литием, при нагревании соединяется с магнием и калием, при очень высокой температуре с кислородом и водородом. Обладает одинаковой с воздухом диэлектрической проницаемостью и электрической прочностью. Чистый азот применяют для высоковольтных конденсаторов постоянной емкости, для наполнения баллонов осветительных ламп.

3) *Водород  $H_2$*  – бесцветный горючий газ, не имеющий запаха, самый легкий, электрическая прочность примерно на 40% ниже воздуха. При поджигании смеси, состоящей из двух объемов водорода и одного объема кислорода, происходит почти мгновенное соединение газов, которое сопровождается взрывом. Такая смесь называется гремучим газом. Кроме того, смесь водорода с хлором в соотношении 1:1 взрывается на свету, поэтому при работе с водородом необходимо соблюдать осторожность. Водород обладает свойствами, особо благоприятными для использования в качестве охлаждающей среды вместо воздуха, так как имеет высокую удельную теплопроводность и теплоемкость. Крупные электрические машины также заполняются водородом для снижения потерь мощности на трение ротора в газе и замедления старения органических компонентов изоляции. Применяется в качестве восстановительной среды при пайке и термической обработке.

4) Инертные газы:

*Гелий  $He$*  – самый легкий из всех инертных газов, не горит, не поддерживает горение. Обладает уникальными свойствами: имеет самую низкую электрическую прочность  $E_{пр}$  (примерно в 17 раз меньшую, чем у воздуха), самую низкую по сравнению со всеми газами температуру сжижения; диэлектрическая проницаемость жидкого гелия почти не

отличается от диэлектрической проницаемости газов; коэффициенты термического расширения газообразного и жидкого гелия одного порядка.

Благодаря чрезвычайно низкой теплоте испарения сжиженный гелий применяют в качестве низкотемпературного хладагента. В микроэлектронике гелий применяют в качестве индикаторного газа при контроле герметичности микросхем.

*Аргон  $Ar$*  - бесцветный инертный газ, почти в 2 раза тяжелее воздуха. Обладает совокупностью благоприятных свойств: относительно низким потенциалом ионизации, химической инертностью, невысокой теплопроводностью, более простой по сравнению с другими инертными газами технологией получения и очистки.

Применяется в газоразрядных приборах и осветительных лампах, в микроэлектронике в качестве защитного газа при микропайке, микросварке; при сборке и межоперационном хранении приборов в инертной среде; как газ-носитель при производстве полупроводниковых материалов.

5) электроотрицательные газы с высокой молекулярной массой и плотностью, содержащие галогены (фтор, хлор и др.). Для их ионизации требуется большая энергия, поэтому по сравнению с воздухом имеют более высокую электрическую прочность. К ним относят элегаз ( $SF_6$  – гексафторид серы), фреон ( $CCL_2F_2$ ), перфторированные углеводороды, т.е. углеводороды, в которых все атомы водорода заменены атомами фтора.

*Элегаз* имеет электрическую прочность в 2,5 раза выше, чем у воздуха, обладает низкой температурой кипения и высокой плотностью, в 5,1 раза тяжелее воздуха и может быть сжат до давления в 2 МПа без сжижения; не токсичен, химически стоек, не разлагается при нагревании до 800 °С. Недостаток элегаза - высокая стоимость, для удешевления его используют в смеси с более дешевым азотом. Применяется в газонаполненных высоковольтных конденсаторах и в качестве электроотрицательного газа при контроле герметичности схем.