

## ФАЗОПОВОРОТНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР КАК ЭЛЕМЕНТ ГИБКИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (FACTS)

В настоящее время в нашей стране происходит рост потребления электроэнергии, связанный с развитием промышленности. При этом строительство новых линий электропередач идет медленными темпами, поэтому возникают случаи, когда по нововведенной линии течет небольшая мощность, т.к. эту линию шунтируют параллельные ей линии низшего класса напряжения. В результате этого, при росте нагрузки может возникнуть ситуация, когда линии низшего класса напряжения перегружаются, а линии высшего класса напряжения остаются слабонагруженными. В таких системах необходимо применять устройства FACTS для управления перетоком мощности.

Известно, что передаваемая по линии без потерь активная мощность определяется по следующей формуле:

$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{x_{\Sigma}} \sin(\delta_{12}).$$

Из представленной формулы видно, что, изменяя угол передачи  $\delta$ , можно регулировать передаваемую мощность по линии электропередач (ЛЭП). Рассмотрим фазоповоротный трансформатор в качестве средства регулирования угла на ЛЭП.

На рис. 1 представлены однолинейная схема фазоповоротного трансформатора и векторная диаграмма в режиме холостого хода.

Из рис. 1 видно, что фазоповоротный трансформатор состоит из двух элементов: автотрансформатора (далее АТ) и вольтодобавочного трансформатора (далее ВДТ). У каждого из устройств есть свой собственный РПН, при чем номер отпайки АТ обозначим ( $x$ ), номер отпайки ВДТ обозначим ( $y$ ). В данной схеме применяется транспозиция фаз для того, чтобы обеспечить в режиме холостого хода вольтодобавку  $\Delta U$ , перпендикулярную напряжению  $U'$  (см. векторную диаграмму).

Рассмотрим следующую схему энергосистемы (рис. 2). Для схемы замещения была создана математическая модель, в которой были описаны процессы, происходящие при изменении номеров отпаяк АТ и ВДТ ( $x, y$ ). Математическая модель была описана по 1 и 2 законам Кирхгофа и уравнениям, составленным для данной схемы фазоповоротного трансформатора. Совместное решение уравнений позволило найти токи и напряжения в схеме, а также перетоки активной мощности.

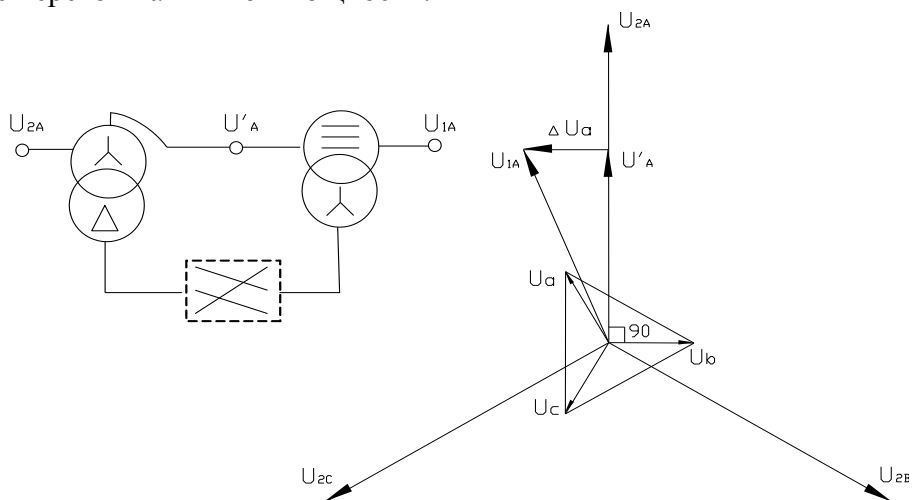


Рис. 1. Однолинейная схема фазоповоротного трансформатора и векторная диаграмма в режиме холостого хода

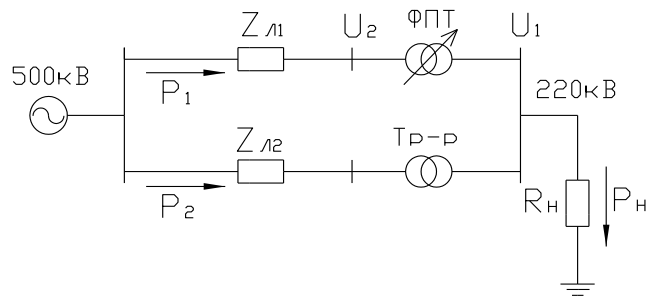


Рис. 2. Схема энергосистемы

Рассмотрим картину распределения активной мощности  $P_1$  (МВт) от изменения отпаяк РПН АТ (отпайки  $x$ ) и ВДТ (отпайки  $y$ ) (рис. 3).

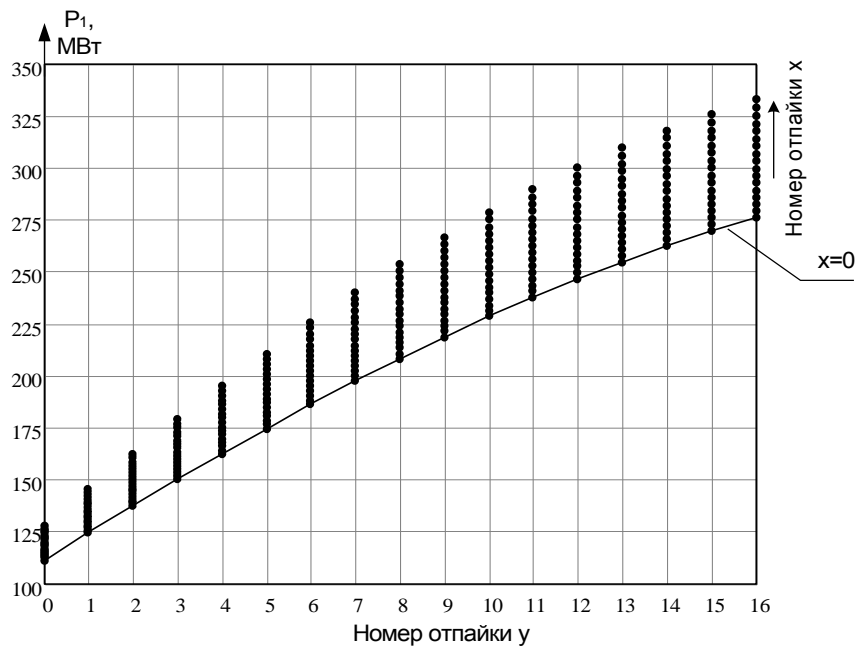


Рис. 3. Распределение активной мощности  $P_1$  в зависимости от значений отпаяк  $x, y$

В нормальном режиме, когда ВДТ выведен из работы ( $y=0$ ), по ВЛ1 передается мощность в пределах от 115 МВт до 128 МВт. При изменении отпаяк ( $y$ ) ВДТ происходит загрузка ВЛ1. При максимальной отпайке ВДТ ( $y=16$ ) мощность изменяется в пределах от 275 МВт до 330 МВт. Как видно, на регулирование перетока активной мощности по ЛЭП оказывает влияние не только РПН ВДТ (отпайки  $y$ ), но и РПН, установленный на АТ (отпайки  $x$ ). Это объясняется тем, что фазоповоротный трансформатор имеет сложную конструкцию, в которой на поперечное регулирование влияет не только коэффициент трансформации ВДТ ( $y$ ), но и коэффициент трансформации АТ ( $x$ ).

Таким образом, использование фазоповоротного трансформатора дает возможность регулирования перетоков активной и реактивной мощностей по линиям электропередач. Преимущество фазоповоротного трансформатора заключается в том, что в режиме максимума нагрузки он перераспределяет потоки мощности и, тем самым, разгружает наиболее загруженную линию.