

Таким образом, технология Vehicle-to-Grid (V2G) представляет собой перспективное решение для повышения стабильности энергосистемы и эффективного использования ресурсов. Внедрение V2G может способствовать выравниванию нагрузки на сеть, увеличению доли возобновляемых источников энергии и снижению затрат на модернизацию энергосистемы.

Несмотря на существующие вызовы, такие как износ аккумуляторов, необходимость инвестиций в инфраструктуру и отсутствие нормативно-правовой базы, их преодоление возможно при комплексном подходе.

V2G может отложить инвестиции в замену оборудования, предоставляя временную «буферную» мощность.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ МОЩНОСТЕЙ ПЕРЕТОКА В ЭНЕРГОСИСТЕМУ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ОДНИМ ГЕНЕРАТОРОМ

Ф. С. Запутряев

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

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Выполнены исследования влияния изменения длины ЛЭП и $\cos(\varphi_c)$ на запас статической мощности системы электроснабжения. Дана оценка изменения запаса статической мощности в процентах при изменении структуры мощностей перетока в энергосистему.

Ключевые слова: запас статической мощности, ЛЭП, характеристика мощности генератора, структура мощности перетока в энергосистему.

Для электрической системы, приведенной на рис. 1, с генератором, не оснащенным устройством АРВ, требуется:

- определить предел передаваемой мощности;
- определить коэффициенты запаса по мощности и углу;
- построить угловую характеристику мощности;

Расчеты выполнить при приближенном приведении электрических сопротивлений схемы в относительных единицах.

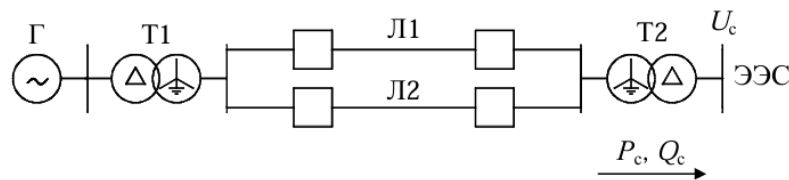


Рис. 1. Расчетная схема электрической системы

Исходные данные даны на рис. 2.

Генератор		Трансформатор 1		ЛЭП		Трансформатор 2		Передаваемая мощность	
$P_{\text{Г}}$, МВт	160	$S_{\text{Т1}}$, МВА		200	x_0 , Ом/км	0,4	$S_{\text{Т2}}$, МВА	240	$P_{\text{ЭЭС}}$, МВт
$\cos\varphi$	0,85	$U_{\text{ВН}}$, кВ		120	l , км	380	$U_{\text{ВН}}$, кВ	38,5	$Q_{\text{ЭЭС}}$, МВАр
$U_{\text{Г}}$, кВ	10,5	$U_{\text{Г}}$, %		7	$U_{\text{ЛЭП}}$	115	$U_{\text{Г}}$, %	10	
$x_{\text{Г}}$, о.е.	2,1								

Рис. 2. Исходные данные 1

Принимаем: исходные данные приведены на рис. 3.

$S_{632}=P_c, \text{ МВт}$	80
$U_{632}, \text{ кВ}$	115
<i>Мощности передачи в о.е</i>	
Активная, $P_c=P_c/S_{632}$	1,1875
Реактивная, $Q_c=Q_c/S_{632}$	1,46375
<i>Расчет сопротивлений передачи:</i>	
Генератор, $X_d=x_d \cdot S_{632}/S_{\text{НОМ}}$	0,8925
Трансформатор1, $X_{T1}=U_K \cdot S_{632}/100 \cdot S_{\text{НОМ}}$	0,028
ЛЭП, $X_L=x_0 \cdot l \cdot S_{632}/U_{632, \text{ ЛЭП}}^2$	0,230
Трансформатор2, $X_{T2}=U_K \cdot S_{632}/100 \cdot S_{\text{НОМ}}$	0,033333333
<i>Внешнее сопротивление сети в нормальном режиме</i>	
$X_c = X_{T1} + X_L + X_{T2}$	0,291
<i>Суммарное сопротивление сети с учетом сопротивления генератора по продольной оси</i>	
$X_{d\Sigma} = X_d + X_c$	1,184
Синхронная ЭДС генератора без АРВ	
$E_q = \sqrt{\left(U_c + \frac{Q_c \cdot x_{d\Sigma}}{U_c} \right)^2 + \left(\frac{P_c \cdot x_{d\Sigma}}{U_c} \right)^2}$	3,073
Напряжение на генераторе	
$U_r = \sqrt{\left(U_c + \frac{Q_c \cdot x_c}{U_c} \right)^2 + \left(\frac{P_c \cdot x_c}{U_c} \right)^2}$	1,468
Предел передаваемой мощности $P_m = E_q \cdot U_c / X_{d\Sigma}$	2,60
Коэффициент запаса статической устойчивости по мощности $k_p = (P_m - P_c) / P_c$	1,60
Определяем угол сдвига δ_0 между вектором ЭДС генератора E_q и напряжением системы U_c	22,66
Коэффициент запаса статической устойчивости по углу	0,75

Рис. 3. Исходные данные 2

Будем изменять $\cos(\varphi_c)$ от значения 0,63 до 0,9 с шагом 0,09 и вычислим коэффициенты запаса статической устойчивости по углу (k_δ) и мощности (k_p)

При $\cos(\varphi_c) = 0,63$: $k_\delta = 0,75$; $k_p = 1,6$.

При $\cos(\varphi_c) = 0,72$: $k_\delta = 0,72$; $k_p = 1,32$.

При $\cos(\varphi_c) = 0,81$: $k_\delta = 0,68$; $k_p = 1,08$.

При $\cos(\varphi_c) = 0,9$: $k_\delta = 0,64$; $k_0 = 0,85$.

При изменении $\cos(\varphi_c)$ установлено, что при его увеличении от 0,63 до 0,9 коэффициент запаса статической устойчивости по углу уменьшается с 0,75 до 0,64, а коэффициент запаса статической устойчивости по мощности – с 1,6 до 0,85. Запас статической устойчивости по мощности при увеличении $\cos(\varphi_c)$ с шагом 0,09 сокращается в среднем на 22,3 %

Исследуем влияние изменения длины ЛЭП (L) на устойчивость системы электроснабжения.

Будем изменять L от значения 80 км до 600 км с шагами 40 км и 100 км и вычислим коэффициенты запаса статической устойчивости по углу (k_δ) и мощности (k_p).

При $L = 80$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,73$.

При $L = 120$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,71$.

При $L = 160$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,69$.

При $L = 200$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,67$.

При $L = 300$ км: $k_{\delta} = 0,75$; $k_p = 1,63$.

При $L = 400$ км: $k_{\delta} = 0,75$; $k_p = 1,59$.

При $L = 500$ км: $k_{\delta} = 0,74$; $k_p = 1,55$.

При $L = 600$ км: $k_{\delta} = 0,74$; $k_p = 1,52$.

При изменении L установлено, что при увеличении ее от 80 до 200 км с шагом 40 км коэффициент запаса статической устойчивости по углу практически не изменяется, поэтому, начиная с 200 км до 600 км был принят шаг 100 км. Коэффициент запаса статической устойчивости по углу уменьшается с 0,76 до 0,74, а коэффициент запаса статической устойчивости по мощности – с 1,73 до 1,52. Запас статической устойчивости по мощности при увеличении L сокращается в среднем на 2,07 %.

Л и т е р а т у р а

1. Евминов, Л. И. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения: пособие для практических занятий по одноименному курсу для студентов энергетических специальностей дневной и заочной форм обучения / Л. И. Евминов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 304 с.
2. Калентионюк, Е. В. Устойчивость электроэнергетических систем / Е. В. Калентионюк. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 375 с.
3. Руководящие указания по устойчивости систем. – Минск : Белэнерго, 2005. – 19 с.
4. Голованов, И. Г. Переходные процессы в ЭЭС. Часть 2: Электромеханические переходные процессы : метод. указания по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / И. Г. Голованов. – Ангарск, 2014. – 90 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ТРЕХФАЗНОЙ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

М. Г. Гончаров

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

Научный руководитель Д. И. Зализный

Рассмотрены особенности расчета режимов трехфазной низковольтной электрической сети при несимметричных нагрузках. Алгоритм реализован в программе Mathcad для простейшей схемы. Предложено оценивать степень несимметричности нагрузки по методу симметричных составляющих. Получены зависимости потерь напряжения и мощности в сети в зависимости от степени несимметричности нагрузки.

Ключевые слова: трехфазный, электрическая сеть, проводимость, коэффициент, несимметрия, нагрузка.

Электрические сети жилых и общественных зданий отличаются от электрических сетей в промышленности тем, что почти вся нагрузка этих сетей состоит из однофазных электроприемников, непостоянный режим работы которых приводит к несимметричному режиму работы сети.