

# **Temat: Badanie trójfazowej prądnicy synchronicznej – praca w sieci sztywnej**

## **1. Synchronizacja trójfazowej maszyny synchronicznej z siecią:**

- a. Określenie sieci sztywnej;
- b. Odczytanie wartości znamionowych prądnicy synchronicznej;
- c. Połączenie układu pomiarowego;
- d. Rozruch maszyny synchronicznej;
- e. Określenie warunków synchronizacji;
- f. Synchronizacja prądnicy synchronicznej z siecią sztywną.

## **2. Obserwacja działania urządzenia do pomiaru kąta obciążenia**

3. Wyznaczanie krzywych „V” (krzywych Mordey’a) - zależności:  $I_a = f(I_f)$  i  $\cos\varphi = f(I_f)$  przy stałej mocy czynnej  $P$  dla różnych stanów pracy (silnikowej, prądnicowej, kompensatorowej)

## Przebieg ćwiczenia

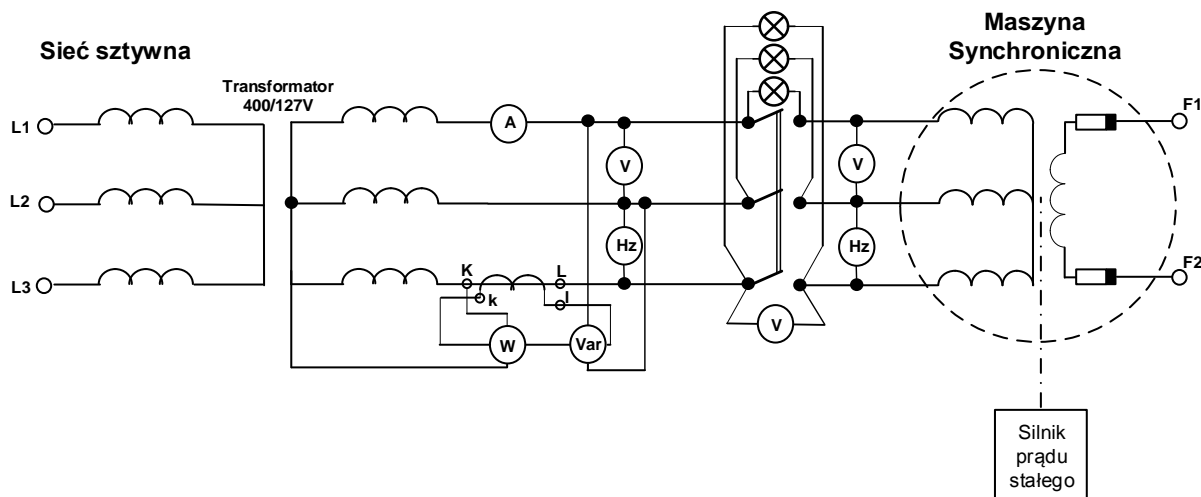
### 1. Synchronizacja trójfazowej maszyny synchronicznej z siecią

- a) Jako sieć sztywną należy rozumieć sieć elektroenergetyczną o niezmienniej częstotliwości i napięciu oraz o impedancji równej zero.
- b) Identyfikacja danych znamionowych zawartych na tabliczce znamionowej. Określenie wartości znamionowych maszyny:
- znamionowa moc pozorna,
  - znamionowe napięcie twornika,
  - znamionowy prąd twornika,
  - znamionowe napięcie wzbudzenia,
  - znamionowy prąd wzbudzenia,
  - znamionowa prędkość obrotowa,
  - znamionowa częstotliwość.

Powyższe wielkości należy zestawić w tabeli.

$S_N$	..... [VA]
$U_{aN}$	..... [V]
$I_{aN}$	..... [A]
$U_{fN}$	..... [V]
$I_{fN}$	..... [A]
$n_N$	..... [obr/min]
$f_N$	..... [Hz]

- c) Połączenie układ pomiarowego przedstawionego na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat połączeń prądnicy synchronicznej z siecią sztywną

- d) Badaną maszynę należy doprowadzić do prędkości synchronicznej za pomocą dodatkowego silnika napędowego.
- e) Podczas procesu synchronizacji prądnicy synchronicznej z siecią sztywną muszą być spełnione odpowiednie warunki synchronizacji. Bardzo ważne jest aby, **w dowolnej chwili czasowej napięcia chwilowe sieci i prądnicy były takie same**. Jeżeli powyższy warunek zostanie spełniony to proces synchronizacji przebiegnie poprawnie, tj. nie pojawi się prąd przepływający przez uzwojenia fazowe maszyny. W celu osiągnięcia takiego stanu należy spełnić następujące warunki:
- **Kolejność faz sieci i prądnicy muszą być zgodne (kierunek wirowania musi być zgodny)**
  - **Częstotliwość napięć sieci i prądnicy muszą być sobie równe**
  - **Wartości skuteczne napięć sieci i prądnicy muszą być sobie równe**
  - **Kąt przesunięcia faz sieci i prądnicy musi wynosić 0**
- f) W zastosowaniach przemysłowych synchronizacji dokonuje się w sposób zautomatyzowany z wykorzystaniem np. synchronoskopów. W ramach ćwiczenia laboratoryjnego synchronizacja zostanie przeprowadzona z wykorzystaniem podstawowych mierników oraz układu żarówek przedstawionych na rysunku 1.

**Spełnienie** czterech **warunków synchronizacji** wspomnianych w podpunkcie d):

- **Kolejność faz sieci i prądnicy muszą być zgodne** – regulacja przez przełączenie dwóch dowolnych faz maszyny w połączeniu z siecią, pomiar kolejności faz z wykorzystaniem układu trzech żarówek. Jeżeli po ustawieniu częstotliwości prądnicy równej częstotliwości sieci wszystkie trzy żarówki zapalają się i gasną równocześnie, to oznacza, że kolejność faz sieci i prądnicy jest zgodna.
- **Częstotliwości napięć sieci i prądnicy muszą być sobie równe (w rzeczywistości zbliżone)** – regulacja częstotliwości prądnicy przez zmianę jej

prędkości obrotowej, pomiar częstotliwości z wykorzystaniem częstotliwościomierzy.

- **Wartości skuteczne napięć sieci i prądnicy muszą być sobie równe** – regulacja wartości napięć prądnicy realizowana poprzez zmianę prądu wzbudzenia, pomiar napięcia skutecznego z wykorzystaniem woltomierzy.
- **Kąt przesunięcia faz sieci i prądnicy musi wynosić 0** – obserwacja układu trzech żarówek, chwila w której gasną wszystkie żarówki oznacza, że suma napięć chwilowych maszyny i sieci jest równa 0. Jest to moment w którym można dokonać synchronizacji maszyny z siecią sztywną (synchronizacja „na ciemno”).

## 2. Obserwacja działania urządzenia do pomiaru kąta obciążenia

Obserwację kąta obciążenia przeprowadza się oświetlając tarczę z podziałką kątową wirującą wraz z wirnikiem, światłem stroboskopu wyzwalanego napięciem sieci. Zmiany położenia kąтового pozornego obrazu tarczy odpowiadają zmianom kąta mocy mierzonego w skali kątów mechanicznych.

## 3. Wyznaczanie krzywych „V” (krzywych Mordey’a) - zależności: $I_a = f(I_f)$ i $\cos\varphi = f(I_f)$ przy stałej mocy czynnej $P$ dla różnych stanów pracy (silnikowej, prądnicowej, kompensatorowej)

Krzywymi V nazywa się zależność prądu twornika od prądu wzbudzenia maszyny synchronicznej przy stałym obciążeniu  $P$ , stałym napięciu  $U$  oraz stałej częstotliwości  $f$ .

Po dokonaniu synchronizacji należy ustawić pewną moc czynną  $P_1 > 0$ , a następnie utrzymać ją na stałym poziomie tj.  $P_1 = \text{const}$ . Po ustaleniu mocy na stałym poziomie, należy dokonać pomiarów prądu twornika  $I_a$ , mocy biernej  $Q$  oraz obliczyć wartość  $\cos\varphi$  dla różnych wartości prądu wzbudzenia  $I_f$ . Następnie pomiary powtórzyć dla dwóch innych wartości mocy czynnej  $P_2 = 0$  oraz  $P_3 < 0$ .

Wyniki należy zestawić w poniższych tabelach.

	$U$	$I_a$	$I_f$	$Q$	$P$	$f$	$\cos\varphi$	
Lp.	V	A	A	Var	W	[Hz]	-	
1	$U = \text{const}$				$P_1 = \text{const}$	$f = \text{const}$		
...								
...		$U = \dots\dots\dots$					$P_1 = \dots\dots\dots$	
$k$								

	$U$	$I_a$	$I_f$	$Q$	$P$	$f$	$\cos\varphi$
Lp.	V	A	A	Var	W	[Hz]	-
1	$U = \text{const}$ $U = \dots\dots$				$P_2 = \text{const}$ $P_2 = \dots\dots$	$f = \text{const}$	
...							
...							
$k$							

	$U$	$I_a$	$I_f$	$Q$	$P$	$f$	$\cos\varphi$
Lp.	V	A	A	Var	W	[Hz]	-
1	$U = \text{const}$ $U = \dots\dots$				$P_3 = \text{const}$ $P_3 = \dots\dots$	$f = \text{const}$	
...							
...							
$k$							

Wartość współczynnika  $\cos\varphi$  należy obliczyć ze wzoru:

$$\cos\varphi = \cos\left(\text{arc tg}\frac{Q}{P}\right)$$

Na podstawie otrzymanych wyników należy wykreślić prąd twornika  $I_a$  oraz  $\cos\varphi$  w funkcji prądu wzbudzenia  $I_f$ .

### **Przykładowe pytania kontrolne:**

1. Podaj definicję sieci sztywnej?
2. Jakie są dwie podstawowe konstrukcje wirników w maszynach synchronicznych?
3. Jakie znasz stany pracy maszyn synchronicznych?
4. Jaki rodzaj konstrukcji wirników maszyn synchronicznych stosowany jest w turbogeneratorach, a jaki w hydrogeneratorach?
5. W jaki sposób wzbudzić strumień magnetyczny w maszynach synchronicznych?
6. Podaj wzór na prędkość synchroniczną i liczbę par biegunów w stojanie maszyny synchronicznej?
7. Co oznacza, że maszyna jest niedowzbudzona?
8. Co oznacza, że maszyna jest przewzbudzona?
9. Czym różnią się maszyny synchroniczne od asynchronicznych?
10. Jakie znasz sposoby rozruchu maszyny synchronicznej?

### **Literatura:**

- [1] T. Glinka, *Maszyny elektryczne i transformatory*, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2018.
- [2] G. Kamiński, W. Przyborowski, A. Biernat, J. Szczypior, *Badania laboratoryjne maszyn elektrycznych*, Wydawnictwo: OWPW, 2018.
- [3] W. Przyborowski, G. Kamiński *Maszyny elektryczne*, Wydawnictwo OWPW, 2014
- [4] W. Latek, *Maszyny elektryczne w pytaniach i odpowiedziach*, WNT, 2007
- [5] Z. Bajorek, *Teoria maszyn elektrycznych*, Tom 2, wydanie VI, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1997.