

## 7. REGULACJA WYDAJNOŚCI SPRĘŻAREK

W wielu zastosowaniach sprężarek zachodzi potrzeba regulacji ich wydajności. Ma to miejsce m.in. wtedy, gdy sprężarka jest częścią większego systemu, który jest eksploatowany w warunkach zmiennego zapotrzebowania na sprężony czynnik. Przykładem może tu być np. urządzenie chłodnicze.

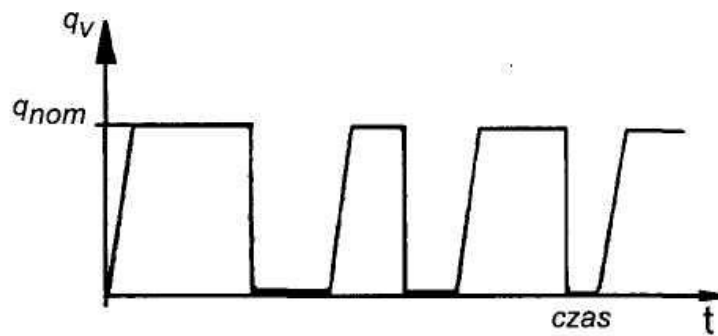
### 7.1. Sprężarki tłokowe

Wydajność sprężarek tłokowych reguluje się poprzez:

- okresowe zatrzymywanie i uruchamianie (metoda start/stop),
- otwieranie zaworów ssących podczas suwu kompresji i wyłaczania gazu,
- dławienie przepływu na rurociągu ssącym,
- włączanie dodatkowej przestrzeni szkodliwej,
- wyłączanie z pracy poszczególnych cylindrów sprężarki wielocylindrowej,
- zmianę prędkości obrotowej sprężarki.

*Regulacja poprzez okresowe zatrzymywanie i uruchamianie sprężarki*

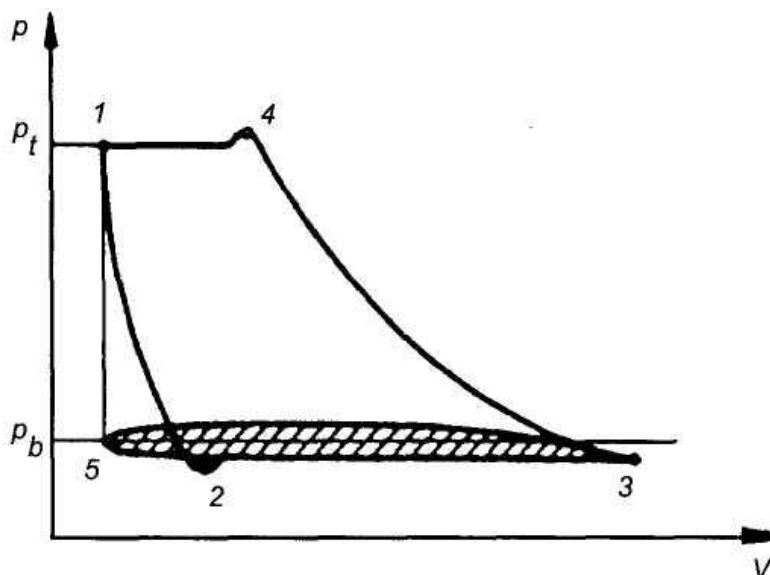
Na zbiorniku sprężanego gazu umieszczony jest samoczynny wyłącznik zatrzymujący sprężarkę, gdy ciśnienie w zbiorniku osiągnie górną granicę, i uruchamiający ją w sytuacji, gdy na skutek poboru gazu ciśnienie w zbiorniku spadnie do dolnej granicy. Ten system regulacji stosuje się w niewielkich sprężarkach pracujących okresowo, gdy dozwolone są dość znaczne wahania ciśnienia.



**Rys. 7.1.** Zależność wydajności sprężarki od czasu przy regulacji poprzez okresowe zatrzymywanie i uruchamianie sprężarki.

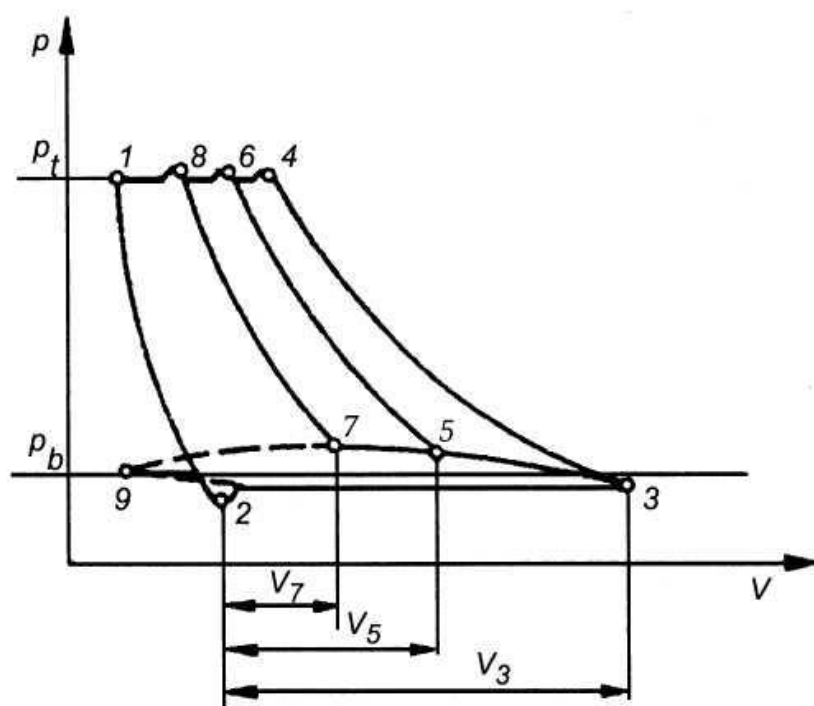
*Regulacja poprzez otwieranie zaworów ssących*

Regulacja ta odbywa się za pomocą otwierania zaworów ssących podczas suwu kompresji i wytłaczania gazu. Zassany do cylindra gaz zostaje wytłoczony z powrotem do rurociągu ssącego, tak że sprężarka pracuje na biegu jałowym i zapotrzebowanie na moc jest niewielkie.



**Rys. 7.2.** Wykres indykatorowy pracy sprężarki z otwartymi zaworami ssącymi podczas sprężania i wytłaczania gazu.

Regulacja przez okresowe – w stosunku do skoku sprężarki – otworzenie zaworów ssących jest rozszerzeniem regulacji przedstawionej powyżej. W tym systemie czas otwarcia zaworu ssącego może być regulowany w stosunku do trwania suwu tłoczenia od kąta  $\varphi = 0^\circ$  (pełna wydajność), gdzie  $\varphi$  jest kątem obrotu korby od momentu przekroczenia punktu zwrotnego, w którym rozpoczyna się sprężanie, do  $\varphi = 180^\circ$  (bieg jałowy sprężarki).



**Rys. 7.3.** Regulacja wydajności sprężarki przez czasowe otwarcie zaworów ssących podczas suwu sprężania i wytłaczania gazu.

Na rysunku przedstawiono trzy wykresy indykatorowe otrzymane podczas regulacji wydajności sprężarki poprzez czasowe otwarcie zaworów ssących. Opisany typ regulacji jest płynny, jednak jest stosowany zwykle w zakresie od 50% do 100% wydajności nominalnej. Punkty 3, 5, 7 na rysunku przedstawiają momenty zamknięcia zaworów ssących podczas suwu tłoczenia, a odcinki V<sub>3</sub>, V<sub>5</sub> i V<sub>7</sub> określają objętości zasysanego czynnika w odpowiadającym punkcie regulacji sprężarki.

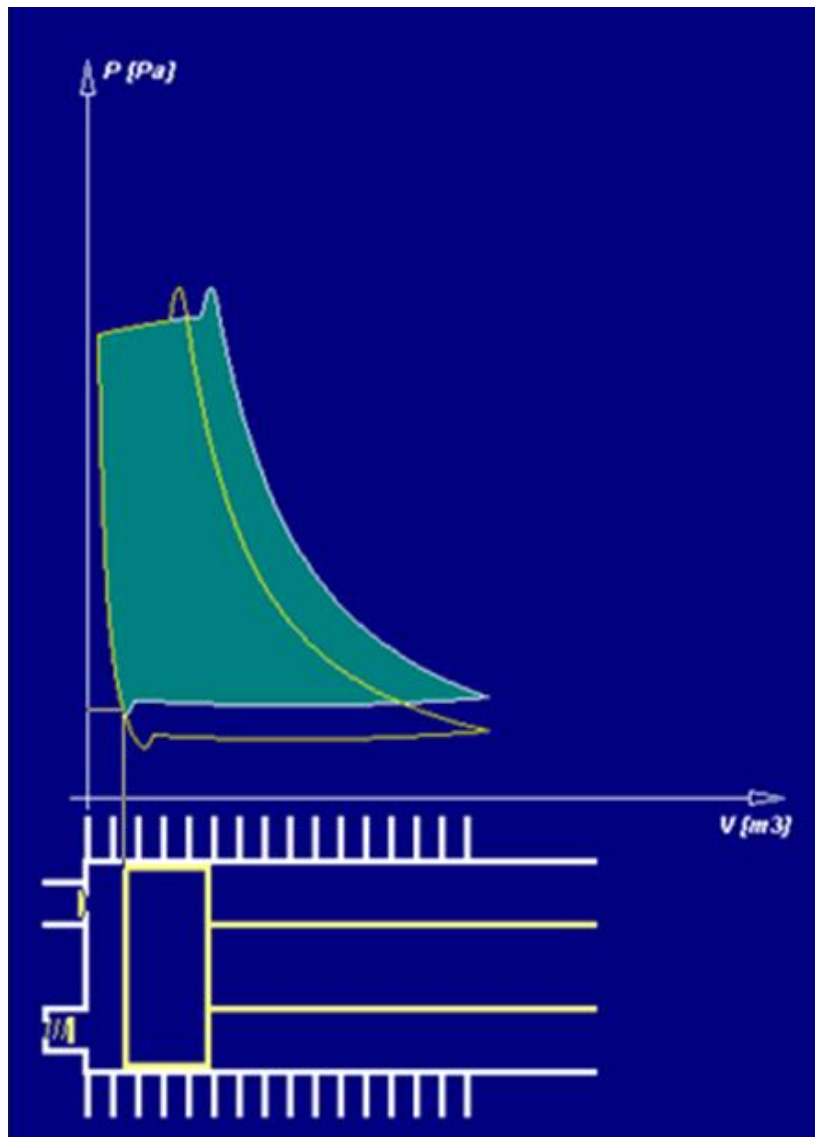
Pola 1-2-3-4-1, 1-2-3-5-6-1 oraz 1-2-3-7-8-1 odpowiadają wielkości pracy zapotrzebowanej przez sprężarkę pracy przy odpowiednich wydajnościach, natomiast pole 9-3-9 przedstawia pole pracy jałowego biegu sprężarki.

#### *Regulacja poprzez dławienie na ssaniu*

Regulacja ta polega na wprowadzeniu dodatkowego oporu w przewodzie ssącym, na przykład poprzez zastosowanie przepustnicy dławiącej. Wskutek tego ciśnienie ssania oraz gęstość zassanego gazu zmniejszają się powodując tym samym zmniejszenie ilości zassanej substancji gazu.

$$\dot{m}_t = \dot{V}_t \rho = V_s \dot{n}_0 \rho \quad (7.1.1)$$

$$\dot{V} = \lambda \dot{V}_t = \lambda V_s \dot{n}_0 \rho \quad (7.1.2)$$



**Rys. 7.4.** Regulacja wydajności poprzez obniżenie ciśnienia i gęstości gazu na ssaniu.

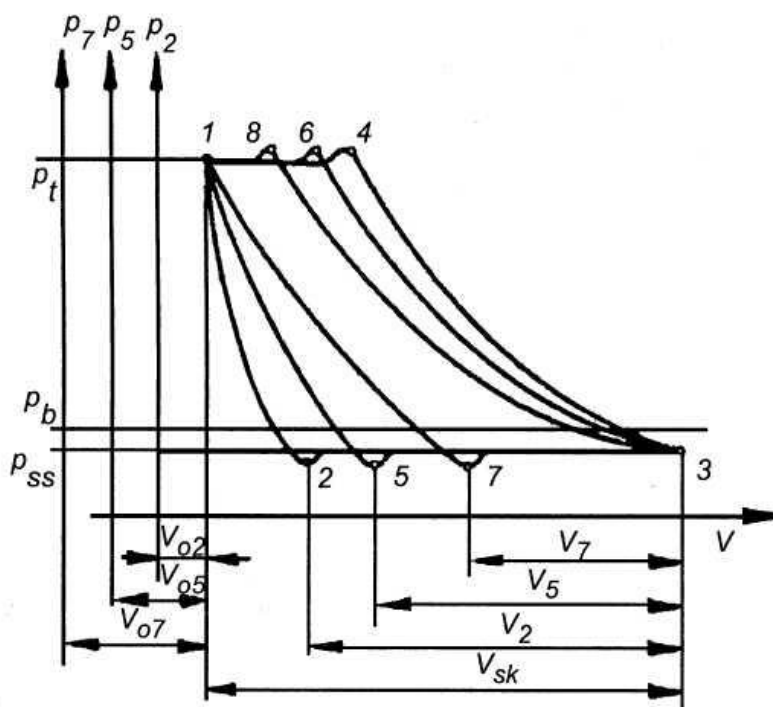
*Regulacja poprzez włączanie dodatkowej przestrzeni szkodliwej*

Dodatkowa przestrzeń szkodliwa zmniejsza współczynnik przestrzeni szkodliwej, a w związku z tym i współczynnik przetłaczania i wydajność sprężarki.

$$\lambda_s = \frac{V_{ss}}{V_s} \quad (7.1.3)$$

$$\lambda = \lambda_s \lambda_d \lambda_n \lambda_t \quad (7.1.4)$$

$$\dot{V} = \lambda \dot{V}_t \quad (7.1.5)$$



**Rys. 7.5.** Wykres indykatorowy sprężarki regulowanej przez zmianę wielkości przestrzeni szkodliwej.

Ponieważ we wszystkich trzech sytuacjach objętość skokowa jest stała, a zwiększa się jedynie przestrzeń szkodliwa, na wykresie oś ciśnień przesuwa się odpowiednio w lewo. Za każdym razem rozprężaniu podlega inna objętość czynnika i zasysanie rozpoczyna się odpowiednio w punktach: 2, 5 i 7. Wskutek tego objętość zasysanego czynnika zmniejsza się od  $V_2$  do  $V_5$  i  $V_7$ .

Opisany sposób regulacji jest rzadko stosowany, głównie ze względu na trudności w rozwiązaniach konstrukcyjnych i dość znaczne straty energetyczne.

### *Regulacja poprzez wyłączenie z pracy poszczególnych cylindrów*

Regulacja ta stosowana jest w sprężarkach wielocylindrowych (najczęściej jednostopniowych). Wyłączanie poszczególnych pracujących cylindrów realizowane jest poprzez na przykład otworzenie w nich zaworów ssących. Umożliwia to skokową regulację wydajności.

### *Regulacja poprzez zmianę prędkości obrotowej sprężarki*

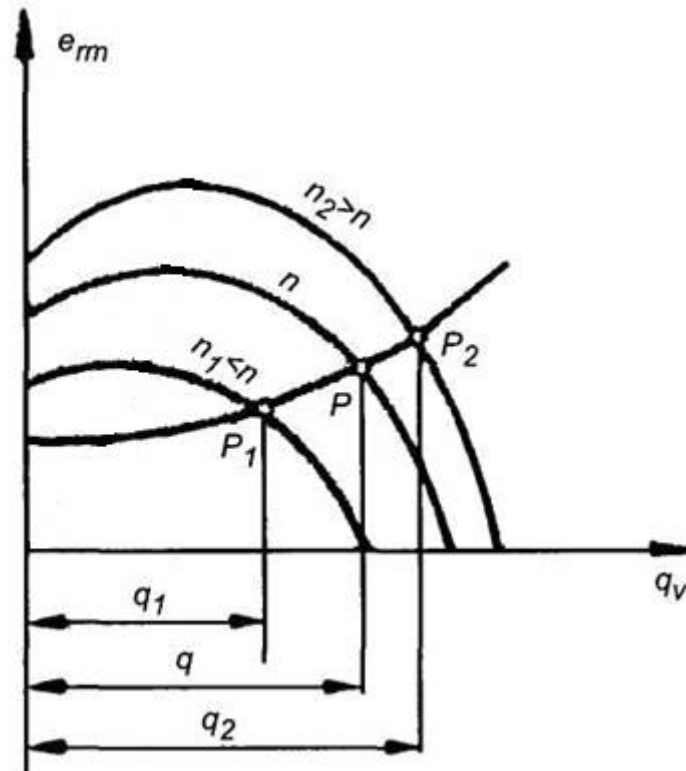
$$\dot{V} = \lambda V_s \dot{n}_0 \rho \quad (7.1.6)$$

## **7.2. Sprężarki wirowe**

Wydajność sprężarek wirowych regulowana jest następującymi sposobami:

- zmianą prędkości obrotowej silnika napędowego – wpływa na zmianę charakterystyki sprężarki,
- dławieniem przepływu czynnika w przewodzie ssącym – wpływa na zmianę charakterystyki sprężarki,
- dławieniem przepływu czynnika w przewodzie tłocznym – wpływa na zmianę charakterystyki rurociągu.

*Regulacja wydajności poprzez zmianę prędkości obrotowej*

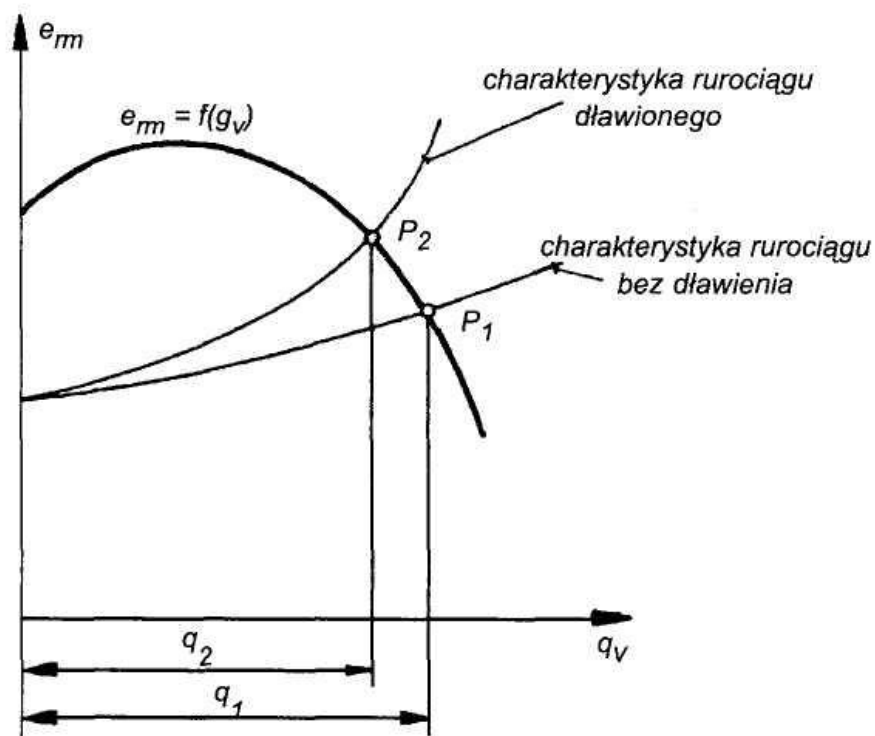


**Rys. 7.6.** Charakterystyki regulacji sprężarki przez zmianę prędkości obrotowej silnika napędowego.

Regulacja poprzez zmianę liczby obrotów jest powszechnie stosowana do sprężarek wirowych.

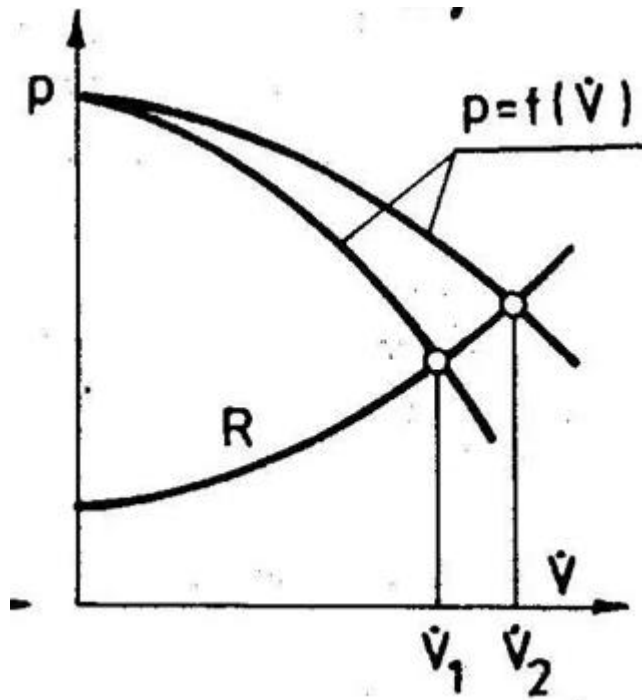


*Regulacja wydajności poprzez dławienie przepływu czynnika w przewodzie tłocznym*

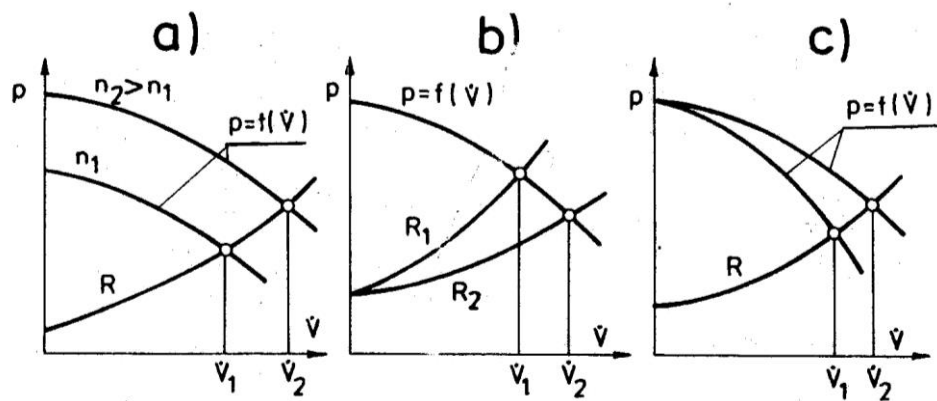


**Rys. 7.7.** Krzywa regulacji wydajności sprężarki wirowej poprzez dławienie przepływu w przewodzie tłocznym.

*Regulacji wydajności z dławieniem przepływu czynnika w przewodzie ssącym*



Rys. 7.8. Regulacja wydajności sprężarki przez dławienie przepływu w przewodzie ssącym.



Rys. 7.9. Porównanie sposobów regulacji wydajności sprężarek wirowych:

- przez zmianę prędkości obrotowej,
- przez dławienie przepływu na przewodzie tłocznym,
- przez dławienie przepływu na przewodzie ssącym.