Zespół powstał w kwietniu 1984 w wyniku powiększenia składu Polskiej Orkiestry Kameralnej. Impulsem był przyjazd do Polski legendarnego skrzypka Yehudiego Menuhina, zaproszonego przez Waldemara Dąbrowskiego oraz Franciszka Wybrańczyka, dyrektora POK. Wspólne koncerty szybko zdobyły uznanie publiczności w Polsce i zagranicą, a Menuhin objął funkcję pierwszego gościnnego dyrygenta.

Na przestrzeni lat Sinfonia Varsovia występowała w najbardziej prestiżowych salach koncertowych świata u boku takich dyrygentów, jak Claudio Abbado, Witold Lutosławski, Lorin Maazel, Emmanuel Krivine i Jerzy Maksymiuk oraz solistów, do których należą Mścisław Rostropowicz, Anne-Sophie Mutter, Alfred Brendel, Martha Argerich i Piotr Anderszewski. Do tej pory orkiestra zagrała ponad 4 tys. koncertów na pięciu kontynentach oraz nagrała ponad 300 płyt.

Od 1997 dyrektorem muzycznym, a następnie w latach 2003–2020 dyrektorem artystycznym był Krzysztof Penderecki. Od 2008 do 2012 dyrektorem muzycznym orkiestry był Marc Minowski. W 2004 Franciszek Wybrańczyk przekazał obowiązki dyrektora Sinfonii Varsovii wieloletniemu muzykowi zespołu – Januszowi Marynowskiemu, który tę funkcję sprawuje do dziś.

Od września 2022 stanowisko pierwszego gościnnego dyrygenta Sinfonii Varsovii obejmuje Aleksandar Marković.